

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

高溫廢氣淨化流動式顆粒床過濾技術研究與開發整合型研究

高溫流動式顆粒床過濾系統之冷模性能分析

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：郭景宗

執行機關：國立臺灣大學機械工程學研究所

E-mail: jtkuo@w3.me.ntu.edu.tw

一、摘要

1-1 中文摘要

近年來高溫廢氣淨化系統在工業先進國家已被廣泛的研究過，但大都僅限於流動現象的探討，關於壁邊與顆粒體之間的力分佈情形尚未有完整的描述，本計畫之主要目的為設計製造一完整之流動式顆粒床過濾系統，進行室溫狀況下之運轉性能測試及結果分析。連續流動式顆粒床過濾系統是廣泛利用的廢氣淨化裝置，為現今發展之高溫氣體淨化重要技術之一，而其中煙塵進出葉片進氣與出氣口之流場及壓降更是此系統研發之重要課題。不佳之設計，將導致顆粒體堆積，大幅增加壓降和葉片內靜止區面積，使顆粒體流動受到阻塞，降低顆粒床過濾效率。

此實驗系統之規模將依據目前正在進行中的系統整合研究所設計的規模，斟酌測試結果。冷模性能分析研究的工作項目包括氣窗葉片對顆粒體的流動行為影響，氣流速度分佈及壓降量測，氣流穿透過濾床的壓力降隨時間變化的情形，過濾效率量測。

關鍵詞：流動式顆粒床、靜止區、運轉性能

1-2 英文摘要

The technology about high temperature gas-cleaning facilities has been described since 19th century, especially in industrial country. But most of discussion on the granular motion, only few discussion focus on the force distribution.

One of the major system components of the granular bed filter is the bed media cleaning and regeneration system, where dirty granular materials are cleansed and pneumatically conveyed back to the filter vessel. When the gas-solids injection feeder is coupled with a moving granular bed filter it could face several technical challenges. The main task of this project is to construct a laboratory scale moving granular bed filter including a gas-solids injector for circulation and regeneration of bed material. The apparatus will be tested under cold flow condition to evaluate the system performance.

二、緣由與目的

燃煤電廠或廢棄物焚化廠所排放的煙塵中之粒狀污染物，若不經妥善處理控制，會造成嚴重的空氣污染，

危害人類健康及自然環境生態。因此世界各工業先進國家，對工廠煙囪排放的粒狀污染物，均訂了嚴格的排放標準，以維護環境的空氣品質。本計畫案之主要研究目的為發展以顆粒體為過濾介質的高溫廢氣淨化技術。並探討不同設計顆粒床之葉片，對於流場之各個變化及影響，以及對於壓降的影響，並研究隨顆粒床不同高度，支撐葉片之受力狀態，量測過濾效率，方便將來整合研究效率最佳之顆粒床。

三、研究方法

以三維的流動式顆粒體床測試系統為實驗裝置，藉著所量測到的壓力值來作摩擦阻力的探討，並比較在不同高度的應力值變化，測顆粒體於儲槽內與壁邊所造成的作用力，實驗設計簡圖請參見圖 1。其中垂直管兩側葉片 (Louver) 之長度、彼此之間間距為固定。此實驗可分成兩大部分：對稱型無阻礙物與對稱型有阻礙物兩種實驗。以實驗方法與數值模擬，固定煙塵總進氣與排氣口，來探討顆粒床內各組葉片之流量分配率及附近之流場狀態，並討論煙塵進入過濾床所造成之壓降；進而討論實驗與數值模擬之間的試用性。

顆

四、研究結果與討論

4-1 受力狀態之顆粒體整體比較

從所得的各組圖形當中，塑膠顆粒體球與砂粒不管是垂直應力或是剪應力，其因高度不同所造成的圖形趨勢幾乎是相同的，其值的差異大部分為重力所造成。

4-2 不同角度的比較

由實驗中知道同一高度下， θ 越大，則應力越大。

4-3 阻礙物與無阻礙物之間的比較

應力值的大小主要是受到顆粒體本身因重力的作用而產生。在 a 區和 b 區所測量的值與沒有阻礙物之值相似，但是 c 區和 d 區的值就相對偏低，原因可能是在 c、d 區阻礙物阻隔了原本在上方的顆粒體，致使顆粒的流向被強制往左右兩邊帶開，相對的上方就沒形成一空洞區，所以 c、d 兩區的應力變小。

4-4 數值模擬之速度向量分析

而圖 2 為整體顆粒床之速度向量圖，發現在進口 1 處有相當密集之速度向量分佈，更顯示出進口 1 處有相當大之流量進入。進口 2 處則在越接近 Z 軸中心才有大量流體進入，而在 Z 軸兩側則逐漸形成渦漩 (vortex) 將流體帶出進口 2 處；兩者效應互相抵銷，造成進口 2 處只有少量流體進入顆粒床。其實進口 1 與 3 處附近皆會形成渦漩，但帶進流體之效應大於帶出效應，故總進氣流量分佈皆集中在進口 1 與 3 處。流場另一形成渦漩處則是在出口 1 處前方。

4-5 數值模擬之壓降分析

顆粒床模型所測得之總壓降與實驗所得數據有極大差距推究其主要原因應是在顆粒與顆粒間的孔隙其網格數太少，使近壁區之壁函數無法真實表現出流體分子與壁面間之黏滯效應，造成壓降的損失無法像實驗數據般準確

4-6 顆粒過濾床效率分析

根據圖三，建立粉塵採樣技術，設計生產慣性原理之粒子採樣串式衝

擊器(Cascade Impactor),經由粉塵污染物的噴入過濾床,於過濾床前後端作粉塵採樣,經由採樣物分析,所得的顆粒過濾床效率為 97.7%。提供顆粒床性能的一個重要指標。經由串式衝擊器設計的採樣分析結果,採樣前後塵粒的粒徑有很明顯的不同,其中採樣位置在過濾器前時染塵粒徑的 d_{50} 約在 47~50 μm , 經過過濾器之後,染塵粒子採樣的 d_{50} 大於 200 μm , 推究其中的原因,應該是過濾介質碎屑在過濾時,經由過濾床吹出至輸送管道,在接續的實驗中,將針對此一缺點進行改善,並研究串式衝擊器收集時採樣物在各個收集板上粒徑的分級程度,期建立更完善的流動式顆粒體效率量測系統。

五、結論與建議

與 σ 之值隨著顆粒體的不同其值雖然會變化,但其變化的趨勢是相同的。對於無阻礙物而言,同一位置阻礙物高度越高,其應力值越小,且越靠近流動出口處,其值越大。本實驗在設計上同一層葉片上所量測的點只有四點,在作理論分析時並不能完全將應力值變化趨勢給呈現出來。在實驗中發現,三維的顆粒體床實驗除了有垂直與平行方向兩種力,還有一種與輸送帶平行的力,其值的大小也是影響顆粒體流動的因素,想要完整的知道整個葉片受力情形,則第三種力應該要被研究。本實驗所使用之數值模擬軟體 - Cinar ICE於近壁區域採用壁函數解,我們應可考慮其他數值模擬軟體,例如使用雙層模式(two layer model)來解析此區域之流場。雙層模式的優點之一為近壁區域內不需要大量的網格點即可穩定地解析不錯的結果,亦可節省計算之時間。

其他影響流場的重要參數如入口

紊流動能耗散率、紊流長度等,往後可進一步有系統地探討這些參數的交互變化對流場的影響。對於如顆粒床的複雜流場不但具有更多的特性值得研究,且若有相關更精密儀器所量得的數據,即可輔助此紊流模式的發展及驗證能夠更加地成熟和完備。

六、參考文獻

1. Cicero, D.C., Dennis, R.A., Geiling, D.W. and Schmidt, D.K., 1994, "Hot-Gas Cleanup for Coal-Based Gas Turbines," Mechanical Engineering, 116, No. 9, pp.70-75.
2. Zevenhoven, C.A.P., Andries, J., Hein, K.R.G. and Scarlett, B., 1993b, "High Temperature Gas Cleaning for PFBC Using a Moving Granular Bed Filter," Gas Cleaning at High Temperatures, ed. R. Clift and J.P.K. Seville, Blackie Academic & Professionals, London, pp. 400-418.
3. Andries, J., Scarlett, B., Bernard, J.G., Zevenhoven, C.A.P., van de Leur, R.H.M., Ennis, B., de Hann, P.H., Hogervorst, A.C.R., and Nikolic, M., 1987, "Closed Loop Controlled Integrated Hot Gas Clean Up," Final Report EC Contract EN3F-0028-NL (GDF), Delft University of Technology.
4. Ishikawa, K., Kawamata, N. and Kamei, K., 1993, "Development of a Simultaneous Sulfur and Dust Removal Process for IGCC Power Generation System," Gas Cleaning at High Temperatures, ed. R. Clift and J.P.K. Seville, Blackie Academic &

- Professionals, London, pp. 419-435.
5. Doyle, III, F.J., Jackson, R., and Ginestra, J.G., 1986, "The Phenomena of Pinning in an Annular Moving Bed Reactor with Crossflow of Gas," *Chemical Engineering Science*, Vol. 41, No. 6, pp. 1485-1495.
 6. Tsubaki, J. and Chi T., 1988, "Gas Filtration in Granular Moving Beds - An Experimental Study," *Canadian J. of Chemical Engineering*, Vol. 66, pp. 271-275.
 7. Macias-Machin, A., Cuellar, J., Estevez A. and Jaraiz, E., 1992, "Simple Design of a Crossflow Moving Bed Heat Exchanger-Filter," *Filtration & Separation*, March/April, pp. 155-161.
 8. Song, X., Wang, Z., Jin Y. and Gong M., 1993, "Investigations on Hydrodynamics of Radial Flow Moving Bed Reactors," *Chemical Engineering Technology*, Vol. 16, pp. 383-388.
 9. Ghadiri, M., Seville, J.P.K. and Clift, R., 1993, "Fluidised Bed Filtration of Gases at High Temperatures," *Trans. IChemE*, Vol. 71, Part A, pp. 371-381.
 10. Klingspor, J.S. and Vernon, J.L., 1988, "Particulate Control for Coal Combustion," *IEA Coal Research Report*, IEACR/05, London, England.
 11. Saxena, S.C., Henry, R.R. and Podolski, W.F., 1985, "Particulate Removal from High Temperature, High-Pressure Combustion Gases," *Prog. Energy Combust. Sci.*, **11**, No. 3, pp. 193-251.
 12. Rubow, L.N., Borden, M., Buchanan, T.L., Cramp, J.A.C., Fischer, W.H., Klett, M.G., Maruvada, S.M., Nelson, E.T., Weinstein, R.E., and Zacharchuk, R., 1984, "Technical and Economic Evaluation of Ten High Temperature High Pressure Particulate Cleanup Systems for Pressurized Fluidized Bed Combustion," *DOE Report DOE/MC /19196-1654*, U.S.A.
 13. Wilson, J.S., 1988, "Status of Pressurized Fluidized Bed Research Projects Sponsored by the U.S. Department of Energy," *IEA PFBC Basic Res. Workshop*, Goeteborg, Sweden.
 14. Zakkay, V., Gbordzoe, E.A.M., Radhakrishnan, R., Sellakumar, K.M., Patel, J., Kasinathan, R., Haas, W.J. and Eckels, D.E., 1989, "Particulate and Alkali Capture from PFBC Flue Gas Utilizing Granular Bed Filter (GBF)," *Combust. Sci. and Tech.*, **68**, No. 4-6, pp. 113-130.
 15. Zakkay, V. and Gbordzoe, E.A.M., 1989, "A Review of Hot-Gas Cleanup Devices for PFBC," *Combustion en lechos fluidizados*, pp. 216-275. Programa Comett Comunidad Economica Europea, Zaragoza, Spain.
 16. Moresco, L.L. and Cooper, J.L., 1981, "High Temperature Continuous Granular Bed Filtration of Fine Combustion Particulate," *AIChE Summer 1981 National Meeting*,

Symposium on Industrial Aerosol Technology, Part II, Paper No. 32h,
 Detroit, Michigan, U.S.A.

17. 鄭明成., 「顆粒體在管路中之運動狀態分析」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國八十四年。
18. 王宗源., 「噴流式顆粒體輸送器設計分析」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國八十七。
19. 黃智聖., 「顆粒體在貯槽內流動之作用力分析」, 國立台灣大學, 碩士論文, 民國八十九。
20. 王正炎., 「氣體淨化系統流動式顆粒床之實驗分析」, 國立中央大學, 碩士論文, 民國八十六。

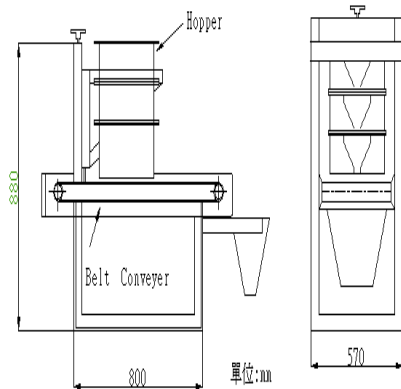
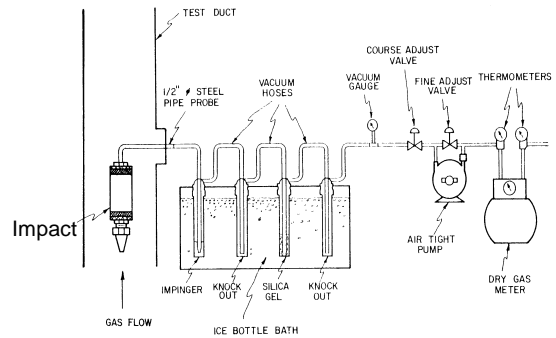


圖1 實驗設計簡圖

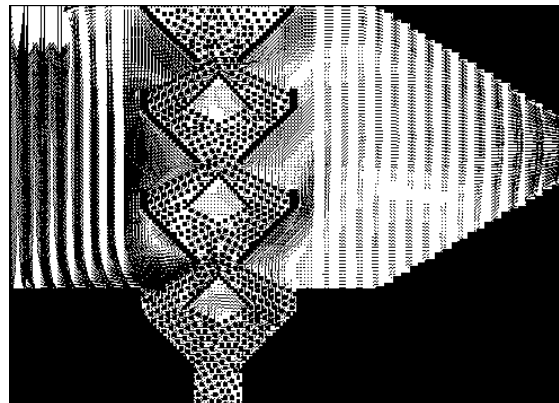


圖2 顆粒床x-y平面之速度向量圖

圖3 粒狀物排放濃度量測設備

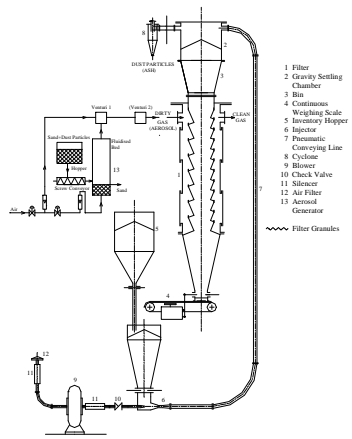


圖4流動顆粒床過濾器系統組合