

附件一

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

(計畫名稱)

噴流床之流行為及壓力擾動

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2214 - E - 002 - 015 -

執行期間：91年8月1日至92年10月31日

計畫主持人：呂理平

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：台大化工系

中華民國 92 年 11 月 日

噴流床之流力行為與壓力擾動

Hydrodynamics and Pressure Fluctuation of Spouted Beds

呂理平(L. P. Leu)

國立台灣大學 化學工程學系

國科會計畫編號：NSC91-2214-E002-015

摘要 - 本實驗量測壓降與壓力擾動標準偏差變化，觀察其與流態變化之關係，並探討不同圓錐角，不同粒子，不同床高下的噴流情形，研究以上各操作變數對最小噴流化速度的影響；並用 wavelet transform 將原始數據轉換作分析。結果顯示，壓力擾動可以準確判斷流態變化。實驗中當床高、粒徑及圓錐角度增加時，所對應的最小噴流化速度會隨之上升。又將原始數據經 wavelet 轉換後，依不同的頻率大小分成不同的區間，可利用其中的幾個頻率區域的擾動變化，與內部流態之改變相比較，以準確的判斷噴流床的操作情形。

Abstract - This experiment studied with standard deviations and pressure drop. And discuss the effects of different cone angle, particle size and bed height on the minimum spouting velocity and analyzed these data with wavelet transform. The results showed that standard deviations of pressure drop not only exactly describe the transition of regime but also determine minimum spouting velocity. We find minimum spouting velocity increase with bed height, cone angle and particle diameter. After wavelet transform, these data could be divided into several scales with different frequencies. Then we could find that the changes of the special frequency scales are responded to the hydrodynamic changes.

關鍵詞: 噴流床，壓力擾動標準偏差，最小噴流化速度。

Keywords: spouted bed, standard deviations of pressure drop, minimum spouting velocity.

一、緒論

噴流床主要設計來處理較難流體化的大粒子，最早是應用於穀粒之乾燥，由於噴流床對較大之粒子有良好的氣、固接觸性，且有循環混合的效果，因此亦可用於粒子的冷卻、混合、造粒及覆膜等(Mathur and Epstein, 1974)，此外煤的汽化，原油裂解，鐵礦還原等都可於噴流床中進行。(Foong et al., 1980)

在噴流床操作的過程中，有許多是在高溫高壓的環境下，此時許多數據不易量測，但壓力擾動是較易掌握的一項統計數據。在文中將探討不同量測位置、不同床高、不同粒子與不同圓錐角度下噴流床的壓力擾動訊號之變化，嘗試以壓力擾動之變化來描述噴流床的流力行為與流態變化。並用

wavelet transform 將原始數據轉換，將轉換過的數據與流態變化作比較，以期更清楚的判斷噴流床之流態轉變。

二、實驗裝置與步驟

本實驗採用，分別為 60°、75°及 90°不同角度的三組噴流床。而實驗設備如 Fig.1 所示，而使用的粒子列於 Table 1 中。量測壓力的探針分別裝置在入口前 2cm (此處定為 p1)，圓錐一半高處 (此處定為 p2) 及圓柱上方 2.5cm、處 (分別定為 p3)。實驗時先量測不同流速時空床時的壓力，並置入粉體後量測對應流速時的壓力值，而各流速下的壓降即為兩者之間的差。在改變各變數如粒徑、床高、圓錐角與不同粉體後紀錄其各變數影響下的壓降與壓力擾動標準偏差值。

三、結果與討論

1. 不同探測位置下壓降與流速的關係

如 Fig. 3, Fig. 4 所示，由固定床區域(A~B)至內部噴泉爬升(C~D)，在床內 p2、p3 各量測點的壓降變化相似，過程中壓力隨流速慢慢增加，於內部噴泉爬升至表面下時達到最大壓降值，在噴流化後壓降都出現持平 (E 點)。而由 Fig. 2 所示，入口前 p1 量測點所得到的壓降走勢有所出入。應是與系統的設計及量測位置不同有關。在內部噴泉產生後，床底圓錐處開始有循環出現，則入口前所量測到的壓降開始下降。至於管壁的量測點不在圓錐處循環的影響範圍內，故無明顯的壓降。

2. 壓力擾動標準偏差 S.D. 與流速的關係

在 ab 區間內流速不大，屬於固定床的範圍，因此壓力擾動偏差 S.D. 之變動不大。當流速加大到內部噴泉產生，床底圓錐處開始有循環產生，入口前量測點所測到的擾動變大(c 點)，而管壁所量測到的擾動也會受到影響而變大。而後噴泉突破表面，全系統粒子開始循環(e 點)。p1 量測點所測到的 S.D.，改變不是很明顯。至於 p2 量測點所量測到的擾動數據，則可以看出在噴流化後，隨流速增加，擾動持續上升。圓柱管壁的 p3、p4、p5 量測點所量測到的 S.D. 會有一跳動躍升之情形出現(e 點)。此 S.D. 之跳躍在噴流前後相當明顯，可作為最小噴流化速度之判定。

3. 最小噴流化速度

分析實驗中所得的數據，發現當靜床高在圓錐範圍內時，如 Fig. 5.a 所示，圓錐管壁處量測到的壓力擾動會增大，可作為最小噴流化速度之判定在圓錐範圍內，而當靜床高到達圓柱時，於噴流化時，環狀區的粒子會由固定床轉成流動床，則圓柱管壁量測到的 S.D. 會有明顯的跳躍。則如 Fig. 5.b 所示，可作為最小噴流化速度之判定。而將實驗之結果與 Mathur and Gishler(1955)和 Wu et al.(1987)所提出之關係式相比，亦有相同之趨勢。

4. 利用 wavelet transform 之分析

利用 wavelet 轉換，將原始數據分成不同的頻率區間，把各頻率區間的擾動與流速作

圖。可發現在 Fig. 6 中 D3、D4 區間的走勢，和床底原始數據之擾動相近，推斷 D3、D4 的變化應可代表床中噴泉的擾動情形。而在最小噴流化速度之後，管壁所量測之數據在 D5、D6、D7 的擾動中有一明顯的跳躍，依實驗觀察，這應是噴流化後環狀區的擾動。

5. 靜床高、粒徑、圓錐角度對系統的影響

如 Fig. 7 所示，比較不同靜床高時的 U_{ms} ，可清楚的看出 U_{ms} 隨靜床高增高而上升的趨勢。由 Fig. 8 可知，實驗中 U_{ms} 值會隨著粒徑的加大而上升。而這現象與 Olazar et al. (1992) 提出的粒徑對系統之影響一致。當粒徑越大時，床中單顆粒子就越重，要達到噴流化所克服的阻力也相對增加，故最小噴流化速度較高。實驗中吾人比較 60° 、 75° 及 90° 等不同角錐的流態變化。如 Fig. 9 顯示，角度變化對最小噴流化速度的影響不明顯，僅在低床高時可以發現最小噴流化速度隨角度增加而上升

6. 不規則粒子系統的討論

實驗中以圓柱狀的 PE、PS 粒子與米粒作不規則粒子的探討。雖然是非球形的粒子，但壓降走勢與玻璃粒子大都相同，S.D. 變化在轉折點部份與玻璃粒子之變化一致，可以清楚的判斷系統流態之轉變。

四、結論

1. 比較入口前和管壁處所測得的壓降圖，在入口前的壓降變化可作為內部噴泉於床底產生循環時的判斷，而以各量測點之壓降持平作為穩定噴流的判斷。

2. 在內部噴泉於床底循環時擾動會變大，之後又降下。而在噴泉突破表面後，圓錐管壁所測得之壓力擾動會開始增大，產生一個轉折點；而圓柱管壁所測得之擾動則出現了跳躍的情形。可作為最小噴流化速度的判斷。

3. 在 wavelet transform 之後，將原始數據分成不同的頻率區間，將各區間的擾動與流速作圖。發現 D3、D4 區間可視為床底粒子循環之擾動變化，而管壁粒子的擾動則可用 D5、D6、D7 區間來判斷。

4. 最小噴流化速度隨粒徑增加、床高增加而上

升，而角度的影響不是很明顯。而非球形度的粒子，於流態轉變時，在壓降及擾動上的變化都和玻璃粒子有相同的趨勢。可用 S.D. 變化判斷系統流態之轉變。

五、符號說明

- d_p particle size (m)
- D_c diameter of cylindrical region (m)
- H_0 static bed height (m)
- S.D. standard deviations of pressure drop fluctuations (Pa)
- U superficial gas velocity based on D_c (m/s)
- U_{ms} minimum spouting velocity (m/s)
- γ cone angle

六、參考文獻

Foong, S. K., C. J. Lim and A. P. Watkinson, "Coal Gasification in Spouted Bed", *Can. J. Chem. Eng.*, 58, 84-91(1980).

Mathur, K. B. and N. Epstein, "Spouted Bed", *Academic Press, New York, NY, U.S.A.* (1974).

Mathur, K. B. and P. E. Gishler, "A Technique for Contacting Gases with Corase Solid Particles", *AIChE J.*, 1, 157-164 (1955).

Olazar, M., M. J. San Jose, A. T. Aguado, J. M. Arandes and J. Bilbao, "Stable Operation Conditions for Gas-Solid Contact Regimes in Conical Spouted Bed", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 31, 1784(1992).

Wu, S. W. M., C. J. Lim and N. Epstein, "Hydrodynamics of Spouted Bed at Elevated Temperatures", *Chem. Eng. Comm.*, 62, 251-268(1987).

Table 1: Property of particles used.

	diameter d_p (mm)	density (kg/m ³)	Shape
Glass bead	1.7 · 2.0 · 2.8	2420	sphere
Polystyrene (PS)	3.3	1013	Cylindrical-like
Polyethylene (PE)	3.6	934	Cylindrical-like
Rice	3.2	1440	Elliptical-like

- 1. Rootes blower
- 2. Surge tank
- 3. Gate valve
- 4. Orifice flow meter
- 5. Spouted bed
- 6. Pressure tap
- 7. Screen
- 8. Inlet tube
- 9. Transducer and amplifier
- 10. Data acquisition system
- 11. Personal computer

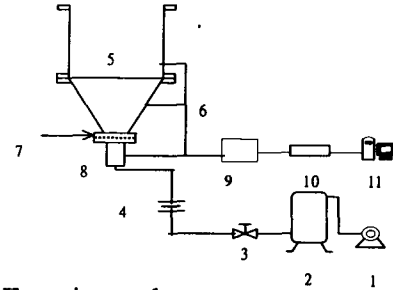


Fig. 1. Experimental setup.

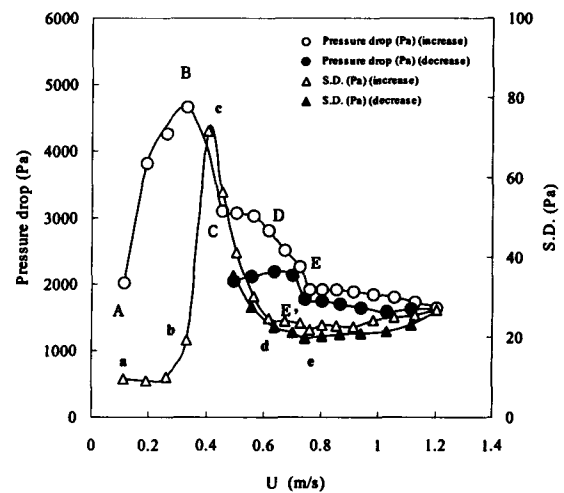


Fig. 2. Pressure drop and S.D. vs. U. (H_0 : 20cm, particle: 1.7mm glass beads, p1, γ : 60°)

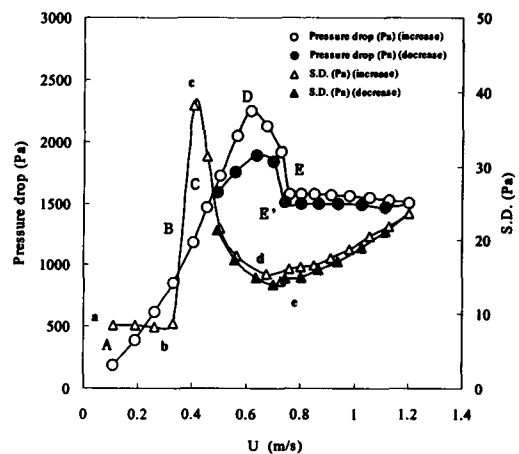


Fig.3. Pressure drop and S.D. vs U. (H_0 : 20 cm, particle: 1.7mm glass beads, p2, γ : 60°)

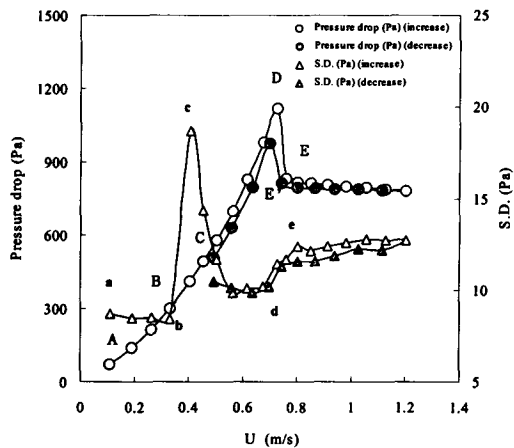


Fig. 4. Pressure drop and S.D. vs. U.
(H_0 : 20cm, particle: 1.7mm glass beads, p_3 , γ : 60°)

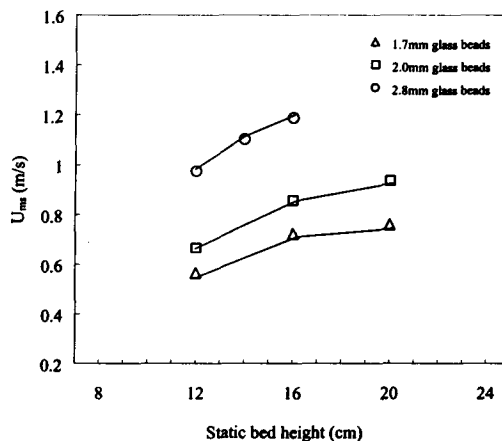


Fig. 7. Minimum spouting velocity vs. static bed height with various particle sizes. (γ : 60°)

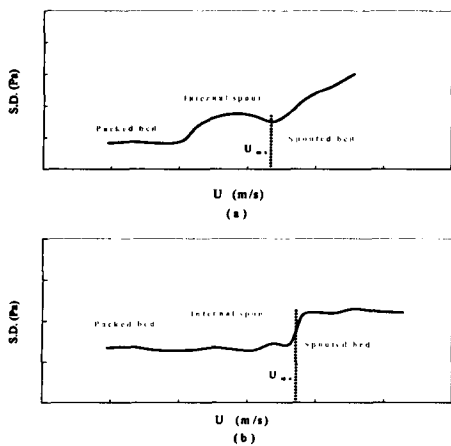


Fig. 5. a. S.D. vs. superficial gas velocity. (on the conical wall)
b. S.D. vs. superficial gas velocity. (on the cylindrical wall)

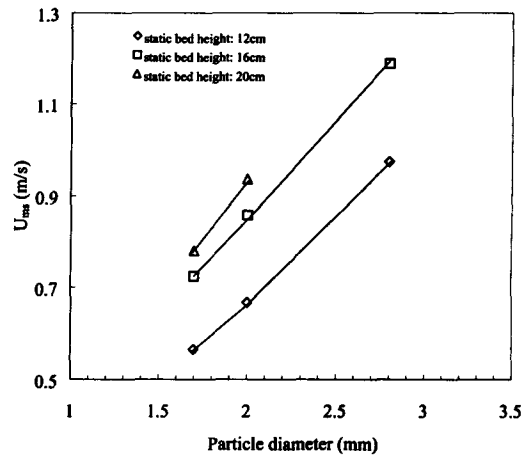


Fig. 8. Minimum spouting velocity vs. particle diameter with various static bed heights. (γ : 60°)

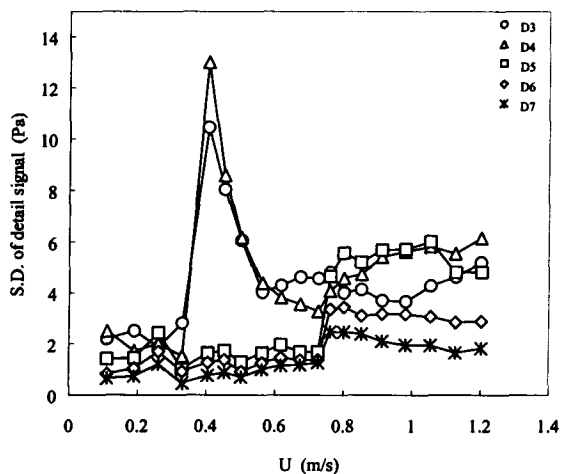


Fig. 6. S.D. of detail signal vs. U.
(H_0 : 20cm, particle: 1.7mm glass beads, p_3 , γ : 60°)

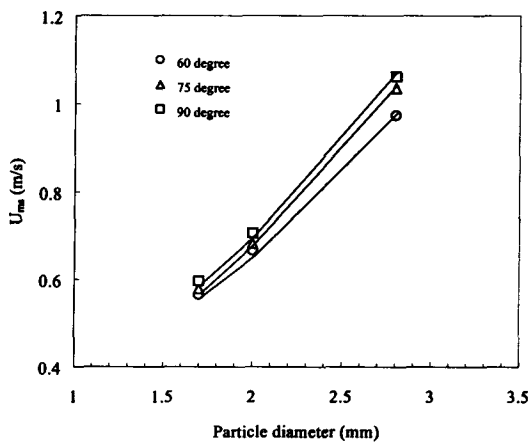


Fig. 9. Minimum spouting velocity vs. particle diameter with various cone angles. (H_0 : 12cm)