

比較各種污泥脫水性試驗方法所決定之最適高分子調理劑量

A Comparative Study of Various Sludge Dewaterability Tests for the Optimal Polymer Conditioning

吳志超¹ 黃志彬² 李篤中³

摘要

本文主要乃探討濾葉試驗及布氏漏斗試驗中不同操作狀況對其最佳調理劑量決定所可能產生之影響及與 CST 試驗結果之差異分析。實驗結果顯示：以高嶺土及鋁鹽污泥為試驗對象時，過濾筒位置不同（指上、下吸而言）確實會產生不同的比阻抗值但濾筒位置不同對於最佳加藥量之選取並不造成明顯差異。布氏漏斗試驗中攪拌亦產生不同的比阻抗值，在鋁鹽污泥上其最低 α_w 出現點並未受攪拌與否影響，而高嶺土者其在高劑量時有攪拌之 α_w 明顯較無攪拌高，但在低劑量時則無明顯之趨勢。此外，濾葉試驗測值與布氏漏斗試驗測值之間並無明顯之相關性。但在最佳加藥量時之劑量判斷上以布氏漏斗試驗所得到的敏感度最高，濾葉試驗其次，而 CST 試驗則最不敏感且布氏漏斗及 CST 試驗之劑量判斷顯然與濾葉試驗不同。

-
1. 吳志超 逢甲大學環境工程與科學系副教授，本文聯絡人
 2. 黃志彬 交通大學環境工程研究所教授
 3. 李篤中 臺灣大學化學工程研究所教授

前言

在進行化學調理時，常以過濾比阻抗（SRF）毛細汲取時間（CST）此二指標來量化污泥脫水性及評估調理時最佳加藥量之依據。過濾比阻抗一般可由濾葉試驗及布氏漏斗試驗求得，而毛細汲取時間則可由毛細汲取時間測定儀測得。在以往的許多研究中亦多曾對此二指標之求得及代表之意義有所探討（Christensen, et al., 1985；Knocke, et al., 1987；Vesilind, 1988；Christensen, et al. 1993），一般濾葉試驗過程中，過濾筒所放置的位置是固定的。但對於過濾筒放置位置不同所產生之測值影響則未見有文獻討論。另對於以此二指標所推判之最佳劑量亦缺乏相關之比較與探討。因此本文之主題乃在

探討濾葉試驗及布氏漏斗試驗中不同操作狀況對其最佳調理劑量決定所可能產生之影響及與CST試驗結果之差異分析。

實驗設備與方法

本研究分別以濾葉試驗及布氏漏斗試驗求取SRF（即 α ）值，受測樣本則有經高分子調理及未調理之高嶺土及鋁鹽污泥。濾葉試驗主要是測試不同過濾筒位置（上、下）對 α 值之影響。布氏漏斗則測試過濾時攪拌與否之影響，每一受測污泥同時亦進行CST值之測定以為比較。

研究中之鋁鹽污泥取自豐原淨水廠沈澱池內沈澱污泥屬於鋁鹽化學污泥。高嶺土污泥為日本林純藥工業株式會社生產之Kaolin試藥，試驗前先以蒸餾水溶解實驗所需重量之高嶺土，然後利用磁石攪拌機攪拌24小時。進行調理試驗前，測定樣品之總固含量，以確認總固含量是否會有差異產生。本研究乃採用之高分子調理劑由台灣聚合公司所提供之PC-320陽性高分子調理劑，其平均分子量為 20×10^6 ，電荷密度為20%，而其組成為acrylamide與diallyldimethyl-amonium chloride。試驗前12小時以蒸餾水加入高分子調理劑，利用磁石攪拌機攪拌使其充分溶解配製成0.1%溶液（重量比）。

調理試驗則利用瓶杯試驗（Jar Test）代替實場操作。調理槽為10公升塑膠桶，先將污泥預先攪拌10秒鐘，以防止污泥樣本沈澱，攪拌後立即以吸量管將所需的高分子調理劑緩緩加入調理槽中進行攪拌，攪拌轉速定為100rpm，攪拌時間則定為60秒鐘。調理後立即取出部分污泥進行毛細汲取時間試驗、布氏漏斗試驗，其餘污泥則進行濾葉試驗，各試驗之方法詳述如下：

1. 毛細汲取時間試驗：利用Triton -200型CST測定儀來量測，使用之污泥貯積筒直徑則為10mm。使用Whatman No 17濾紙。
2. 布氏漏斗試驗：實驗裝置與操作主要乃依據Christensen等1985年之研究。
3. 濾葉試驗：本濾葉試驗之裝置圖如圖1所示。污泥過濾前將過濾筒放入調理攪拌槽中，視欲實驗項目調整過濾盤之位置，定義上吸、下吸如圖1所示。待裝置檢查正確無誤，抽氣幫浦開始抽氣，設定所需壓力。當濾液開始流入置於天平上之200毫升量筒時，同時啟動電腦監控程式，由電腦監測重量及時間。由電腦收集之濾液重換算成體積（V）再與過濾累積時間（t）以 t/v 對 v 作圖推求比阻抗值。

結果與討論

濾葉試驗中過濾筒位置之影響探討：

表 1 顯示試驗過程中過濾筒分別以上吸、下吸、二種不同位置所得之比阻抗值。結果顯示不論樣本為高嶺土或鋁鹽其最大比阻抗值均出現在下吸位置。分析其原因為，當以下吸位置進行濾葉試驗時，污泥顆粒所受濾層壓差為垂直向下之向量，而此時在濾筒內之污泥亦因受重力之故而向下沈澱於濾層，此向量乃與壓差同向，因而造成一同向合力。但污泥上吸位置過濾時因重力與壓差為反向故其向量合力較下吸為小，較大之合力造成較快之沈澱於過濾筒上而形成阻礙過濾之濾餅，進而造成實驗污泥的可過濾性下降，且比阻抗值之上升。此種因顆粒沈降太快所引起的比阻抗值上升作用，即為 Christensen 等所提「沈澱效應」(Christensen, et al., 1985)。

圖 2 則是以高分子調理劑調理樣本後比阻抗之結果。由圖中顯示不論是上吸或下吸，其比阻抗值在 5mg/l 之加藥量後均呈現平緩之變化，直至 80mg/l 後比阻抗值方明顯上升。由其反應趨勢不難發現過濾筒位置不同（指上、下吸而言）對比阻抗值影響乃呈上、下垂直向移動之趨勢，但對於最佳加藥量（指產生最低比阻抗值之加藥量）之選取並不造成明顯差異。但相較於下吸位置而言，上吸位置對於劑量的反應靈敏度不如下吸位置（測值間差異較不明顯），此主要亦受污泥顆粒沈澱效應影響，不同調理劑量污泥間其顆粒大小差異較大，自然其對沈澱影響亦較有顯著之區分，因此較受沈澱影響之下吸位置測值間便存有較大差異。而此現象對最佳加藥量之決定會造成困擾。故選用何種位置來當作最佳加藥量之判定位置，仍須視實際過濾裝置的類型加以選用適當的過濾盤放置方法，實驗方能達到最佳效率。

布氏漏斗試驗中沈澱效應影響之探討：

Christensen 等對布氏漏斗試驗研究中曾指出污泥在過濾時會於布氏漏斗內產生沈澱而影響比阻抗值，使其產生偏高之現象。他們亦指出以較快之施壓或採用孔隙度較低之過濾介質（濾紙）可改善此現象(Christensen, et al., 1985)。本研究則嘗試於布氏漏斗上加裝一攪拌機以攪拌過濾污泥減低沈澱影響。圖 3 為攪拌與否分別對鋁鹽污泥比阻抗值之影響比較圖，由此圖可以看出無攪拌時之比阻抗值似較有攪拌時為高尤其在較高劑量時，此結果與 Christensen 等之實驗結果相符合。造成這種結果可由 Tiller 等之 Delayed

Filtration 理論解釋之 (Tiller, et al., 1985)。當無攪拌時溶液中的顆粒易因重力而沈降，使得濾餅較快形成，因而增加了過濾時的阻力，造成了比阻抗值較高。在過濾時如有攪拌之進行可因攪拌使得溶液呈現出了一種均勻狀態，濾餅較不易於一開始便形成，因此就減少了過濾時的阻力，而造成其有較低的比阻抗值。此外由 α_{av} 隨加藥量變化之反應趨勢亦可發現，在鋁鹽污泥上其最低 α_{av} 出現點並未受攪拌與否影響。圖 4 則為高嶺土樣本之結果，由圖顯示高嶺土之攪拌影響迥異於鋁鹽者，其在高劑量時有攪拌之 α_{av} 明顯較無攪拌高。但在低劑量時攪拌與否則無明顯之差異。造成此特殊結果，作者推測可能為高嶺土顆粒與陽性高分子在低劑量凝集時產生之膠羽顆粒較輕，受到沈降作用不明顯以致攪拌與否並不影響其在濾材上之堆積快慢表現出與鋁鹽相異之結果。

濾葉試驗、布氏漏斗和 CST 試驗之比較

首先針對濾葉試驗及布氏漏斗試驗。此二性質相同均屬於定壓操作過濾下所求得之 α_{av} 進行比較分析。為求相同基準下之平行比較，兩者均以相同之操作壓力 (15 inch)，相同污泥樣本濃度。因濾葉試驗進行時有攪拌之行爲，故布氏漏斗試驗亦採用相同之攪拌轉速。表 2 為此二試驗所求得之未調理高嶺土污泥 α_{av} 值之比較。由上表可發現，就高嶺土樣本而言，布氏漏斗試驗測得之 α_{av} 值乃落在濾葉試驗之上吸式測值與下吸式測值間。下吸式測值較上吸式測值高之情況主要乃受顆粒沈澱效應影響。基本上布氏漏斗之過濾方式相近於下吸式之濾葉試驗（過濾方向同為由上向下垂直過濾），但由此比較則可得知濾葉試驗測值仍高於布氏漏斗試驗測值兩倍。相同地鋁鹽污泥做為樣本時亦出現相同情形。惟濾葉下吸值與布氏試驗值之相差未如高嶺土者大（限於篇幅之故不予列出）。圖 5 為濾葉試驗、布氏漏斗和 CST 試驗於不同加藥量下高嶺土樣本之比阻抗趨勢圖。如與下吸式濾葉試驗比較時，則顯示出在低劑量時 (5mg/l 以前) 兩者之測值相近，但在高劑量時，布氏漏斗試驗的比阻抗值則遠大於濾葉試驗之測值。此乃顯示出兩試驗之測值間並無明顯之相關性。造成濾葉試驗與布氏漏斗試驗測值差異之原因則因受限於篇幅之故不在此詳述請見文獻(吳志超, 1997)。

在最佳加藥量方面，由圖 5 可知，若以各項試驗的最低 α_{av} (或 CST) 值為最佳加藥量點，取其鄰近之測值（前、後劑量測值）則可發現，布氏漏斗試驗中其變化之範圍從 25~580%，而濾葉試驗在上吸位置之變化範圍從 8~61%，在下吸位置之變化範圍從 19~54%，而 CST 試驗則僅在 2~3% 之範圍內變動。所以我們可以明顯看出在接近最佳加藥量時之劑

量變化乃以布氏漏斗試驗所得到的敏感度最高，濾葉試驗其次，而 CST 試驗則最不敏感。故當我們要決定最佳加藥量時，可以選擇對最佳加藥量敏感度最高的布氏漏斗試驗來作為判斷之依據。此外在最佳加藥量點之判斷上則亦可由圖 5 看出濾葉試驗不論上吸或下吸其最佳加藥量點在 5mg/l，而布氏漏斗及 CST 試驗則傾向於 1mg/l 點，顯然與濾葉試驗不同。因此由此結果知，不論以何種方式進行污泥脫水最佳調理試驗，其結果可能是不盡相同的。

結論

1. 濾葉試驗中過濾筒位置不同（指上、下吸而言），對於最佳加藥量之選取並不造成明顯差異。
2. 布氏漏斗試驗中攪拌會產生不同的比阻抗值，在鋁鹽污泥上其最低 α_w 出現點並未受攪拌與否影響，而高嶺土者其高劑量時有攪拌之 α_w 明顯較無攪拌高，但在低劑量時則無明顯之趨勢出現。
3. 濾葉試驗測值與布氏漏斗試驗測值之間並無明顯之相關性。此可能為攪拌強度不同及污泥進料過濾方式不同所致。但在最佳加藥量時之劑量判斷上以布氏漏斗試驗所得到的敏感度最高，濾葉試驗其次，而 CST 試驗則最不敏感且布氏漏斗及 CST 試驗之劑量判斷顯然與濾葉試驗不同。

參考文獻

- Christensen G. L. and Dick R. I. (1985) Specific resistance measurement: Non parabolic data. *J. Envir. Eng. ASCE*. 111, 243-257.
- Christensen J. R., Sorensen P. B. and Christensen G. L. (1993) Mechanisms for Overdosing in Sludge Conditioning. *J. Envir. Eng. ASCE*. 119, 159-171.
- Knocke W. R., Hamon, J. R. and Dulin, B. E. (1987) Effects of coagulation on sludge thickening and dewatering. *J. AWWA*. June, 89-98.
- Tiller F.M. and Cheng K.S. (1977) Delayed cake filtration. *Filtration and Separation*. 14 (1), 13-18
- Vesilind P. A. (1988) The Capillary Suction Time as a fundamental instrument for determining the filterability of the sewage sludge. *J. WPCF*. 60, 215-220.
- 吳志超，1997，”以高分子調理鋁鹽污泥對其脫水性影響之研究”
國立交通大學土木工程研究所博士論文，p121-122

表 1 濾葉試驗與布氏漏斗試驗所得 α_{uv} 值 (Tm/kg) 之比較

	濾葉試驗		布氏漏斗
	上吸	下吸	
高嶺土	0.41	1.7	0.8
鉛鹽污泥漿	1.06	2.82	2.38

表 2 不同加藥量下高嶺土污泥之濾葉試驗與布氏漏斗試驗 α_{uv} 值 (Tm/kg) 之比較

加藥量(mg/l)	0	1	5	15	25
濾葉試驗上吸	0.23	0.09	0.05	0.05	0.42
下吸	1.32	0.44	0.28	0.23	0.21
布氏漏斗	0.80	0.41	0.32	2.21	4.16

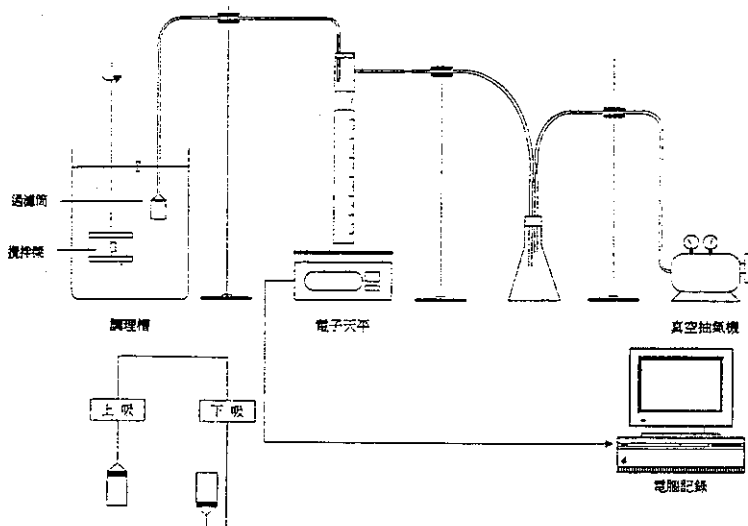


圖 1 濾葉試驗裝置圖

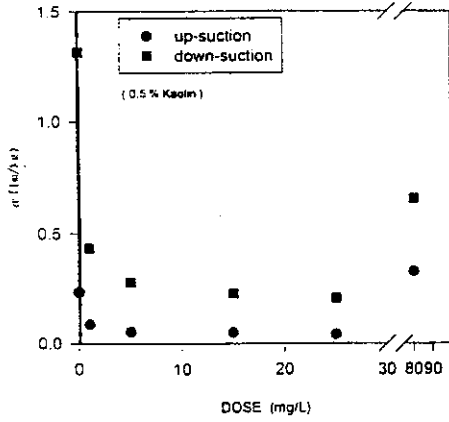


圖 2 濾葉試驗中不同過濾筒位置(上吸、下吸)對調理後高嶺土污泥比阻抗值之影響

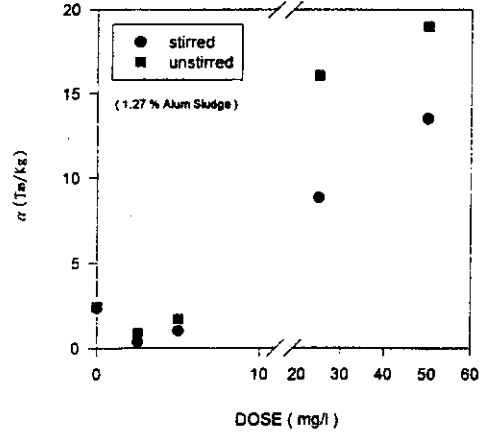


圖 3 布氏漏斗試驗中攪拌與否對調理後鋁鹽污泥比阻抗值之影響

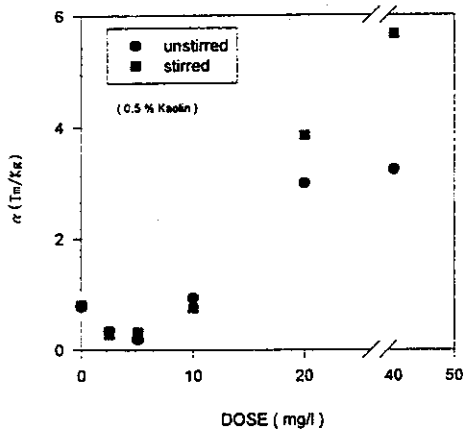


圖 4 布氏漏斗試驗中攪拌與否對調理後高嶺土污泥比阻抗值之影響

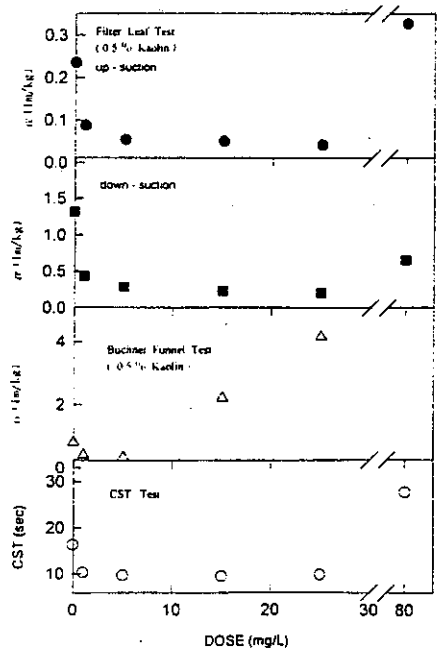


圖 5 布氏漏斗、濾葉及 CST 試驗於不同加藥量下比阻抗值之趨勢圖