

攪拌強度對鋁鹽污泥調理成效之影響

Effect of Mixing Intensity on Alum Sludge Conditioning

吳志超¹ 李玉龍² 洪坤鈺² 連杉利²

摘要

高分子調理劑常用於改善污泥之脫水特性以提高脫水效率及降低污泥餅體積。攪拌強度 (Mixing Intensity) 在污泥調理上亦扮演相當重要角色。本研究之目的主要乃將 $G \times t$ 值 (G : 攪拌速度坡降, t : 攪拌時間) 作為攪拌操作的控制參數, 研究不同攪拌操作對污泥結構與含水率之影響。研究中以不同 Gt 組合作為攪拌操作的控制參數, 以分析不同 Gt 組合攪拌下鋁鹽污泥結構與含水率之變化。研究中則以膨脹計 (Dilatometer) 進行污泥結合水含量分析。實驗結果顯示: (1) 在同一攪拌強度時, G/t 比值大於 5.3 以上會使得污泥脫水性隨 G/t 值增大而漸趨惡化, 且經重力脫水後, 產生較高之固含量及較低之結合水值。另以低轉速 (1500 rpm) 離心脫水時, 固含量並不受 G/t 影響, 高轉速時, 高 G/t 比值 (5.3、16.3), 會產生較高之固含量。此外不同 G/t 比值調理下污泥以 5000 rpm 轉速離心後其結合水值並無明顯差異。 (2) 在不同攪拌強度時發現在固定 t 下, 污泥脫水性隨 G 值增加而變差, 但在固定 G 值下, 污泥脫水性顯然未受 t 值增加而改變, 以重力脫水和低速離心 (1500 rpm) 脫水, 其污泥脫水性明顯受 G 值改變大於 t 值改變。而在以較高速離心 (3500 rpm) 脫水時, 過長的攪拌時間 (t) 及過大的攪拌速度 (G) 均會造成較高的泥餅固含量 (即脫水性變差)。

1 逢甲大學環境工程與科學系專任講師, 交通大學土木工程研究所博士候選人
2 逢甲大學環境工程與科學系同學

前 言

污泥因具有高達95%以上之含水率，故形成極大之體積，而造成其在處理處置時耗費在減積及脫水上之成本相當可觀。如何使鋁鹽污泥中之水份能迅速、有效的移出以降低最終含水率便成為污泥處理處置上之重要關鍵。

鋁鹽污泥在機械式脫水前通常需加入化學調理劑以改善污泥結構、便於水分子之排出。攪拌則為調理過程不可或缺之程序之一。過強的攪拌、過長的延時皆容易造成已形成之膠羽被破壞因而造成粒徑較小之顆粒(Novak and Bandak, 1989)。Werle, (1984)等將 $G \times t$ 值作為攪拌強度的參數(G : 攪拌速度坡降, t : 攪拌時間), 當 $G \times t$ 值變大時化學調理劑最佳加藥量相對提高, G/t 比值亦影響脫水性(CST值), 其比值在0.5~60, 可維持相同污泥脫水性。另Novak(1991)亦提出使用陽性高分子調理劑時 G 值改變所造成污泥脫水性改變比改變 t 值明顯, 但在高劑量則同時受 G 與 t 影響。以上之研究多集中於污泥脫水性之影響上, 對於污泥中水分分佈之影響則鮮有探討。關於污泥中水分存在型態已有超過30年之歷史, 其間提出相當多種之型態定義, 但難有一明確之公論。一般可簡單區分為結合水(Bound water)與自由水(Free water), 前者其活動力較低, 須由機械力或化學反應移出其可視為機械脫水之上限(Vesilind 1994)。而所謂自由水則是指可自由流動並可藉由重力方式引出之水。由此分類可簡單了解污泥中結合水所佔比例直接影響此污泥之脫水難易。本研究之目的主要在探討攪拌強度對鋁鹽污泥脫水性與結合水分佈影響。

研究方法

1. 污泥來源

研究中之污泥均取自長興淨水廠沈澱池內沈澱污泥。該廠以硫酸鋁為混凝劑, 故其污泥應屬於鋁鹽化學污泥。污泥經老化試驗證實在取樣後10天內其pH值、界達電位、黏度值與CST值均未有明顯差異, 分析時不考慮本污泥性質之變異。

2. 污泥調理試驗

調理試驗所需之高分子乃由台灣聚合公司所提供之PC-320陽性高分子調理劑, 其分子量約為 20×10^6 , 電荷密度皆為20%, 調理前則配成0.1% (重量比) 之溶液。調

理試驗由變速攪拌機及調理槽組成。攪拌機上並附裝扭力計以測定扭力值，調理槽為1L裝之燒杯。污泥調理前皆先以攪拌機攪拌15秒，再加入高分子調理劑。攪拌G值可由Stump及Novak (1979) 所採用計算式代入本實驗之相關條件得之為 $G=17.8 \times (NT)^{0.5}$ ，N: 攪拌轉速，T: 扭力值。調理攪拌過程中扭力值為一變值，可以平均值代之。攪拌強度則由G值乘以攪拌時間t求得。調理試驗則分二部份進行。第一部份為固定攪拌強度 ($G \times t=30000$)，此不同G/t組合分別進行調理試驗，第二部份則分別以過度、最適及不足攪拌強度進行調理，並分別以固定G或固定t來試驗之。

3. 污泥脫水性能試驗

本研究利用CST值，作為評估污泥調理後脫水性質之改變。CST值之測定則分二階段測定，調理後立即取樣測定為第一階段CST值，第二階段則於污泥靜置二小時並移除上澄液後再取樣測定以SCST值代表之。CST 值則以Triton-200型CST測定儀測定之。

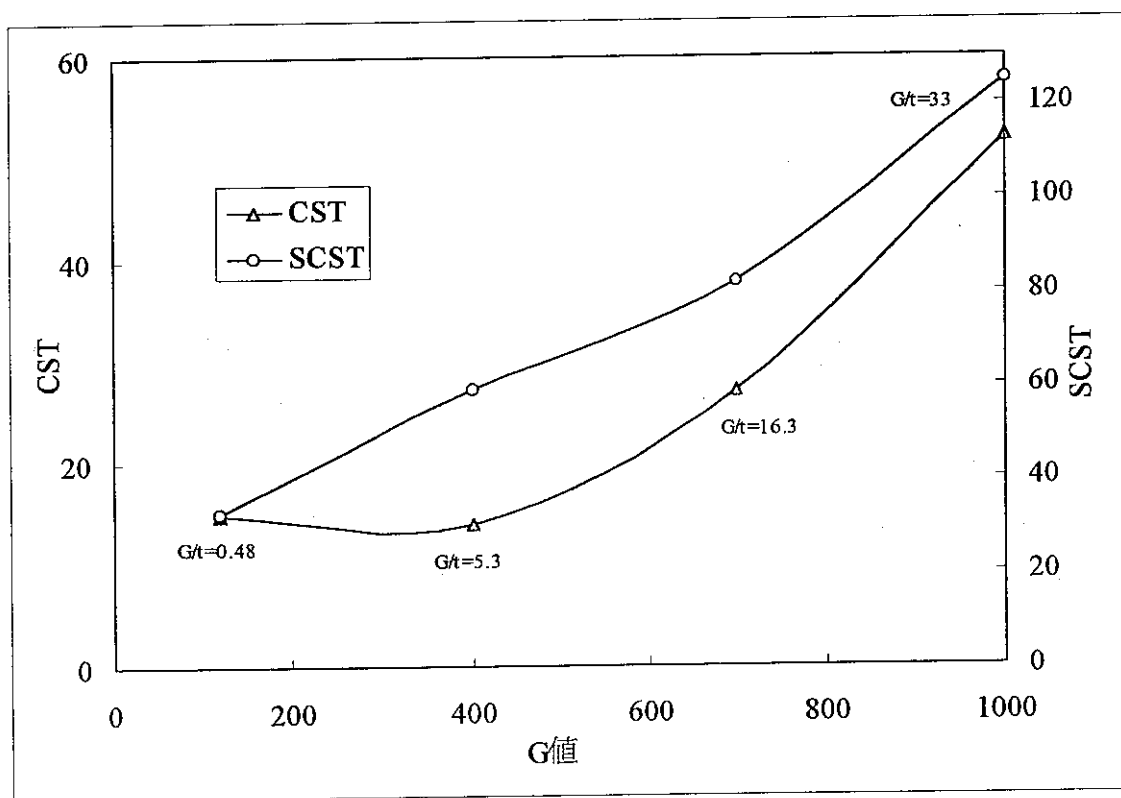
除脫水性能指標外，亦以離心方式進行脫水試驗，以了解脫水程序之影響。離心分別使用1500，3500 rpm，進行脫水，脫水後以105°C烘乾秤重計算其泥餅固含量。

4. 污泥結合水測定

污泥結合水量測定以膨脹計分析法測定之 (Robinson and knocke, 1992)，此法之原理乃是利用自由水在由20°C降溫至-20°C間體積之變化反應在膨脹計之液面上，此液面變化與其間自由水含量成一線性關係。分析時乃將一已知重量之污泥樣本與油置入膨脹計中，以乾冰及酒精水浴降溫至-20°C，記錄膨脹計之起末液位差，另以二膨脹計一裝填已知體積之油，另一則為已知體積油及已知體積水同時，進行降溫並記錄液面，可由此二膨脹計之液面差及其油與水之體積而求得單位油液面降量及單位水液面增量，進而計算污泥中自由水含量。所用品須符合(1)不溶於水(2)不揮發(3)單位降溫之體積變化率恒定(4)不結冰(固化)。經以純水進行方法誤差之分析，其純水含量之誤差在2%以內。污泥取樣後分成一式三份進行分析，取其平均值表示之。

結果與討論

圖一顯示鋁鹽污泥在相同攪拌強度 ($G \times t = 3.0 \times 10^4$) 下，以不同之 G/t 比值攪拌時其污泥脫水性 (CST 值) 之差異。由該圖明顯可看出，以低 G/t 比值 (0.48 ~ 5.3) 進行攪拌，污泥之脫水性 CST 值並無明顯差異，但如以較高之 G/t 攪拌時 (大於 5.3) 其 CST 值則隨之漸次上升，顯示脫水性有漸趨惡化之傾向。此顯然與 Werle 等 (1984) 所提出 G/t 在 0.5 ~ 60 時脫水性無差異之研究結果不同，造成此差異之原因，應是污泥顆粒與高分子聚合物間之凝聚作用強度不同所致。圖一中同時亦表示了不同 G/t 比值下 SCST 值 (移除上澄液後污泥 CST 值) 之差異，SCST 值乃隨 G/t 值上升而增大，此乃說明經沈降後之調理污泥其脫水性顯然比未沈降者更易受到 G/t 之影響。



圖一 鋁鹽污泥以相同攪拌強度，不同 G/t 比值對污泥脫水性之影響

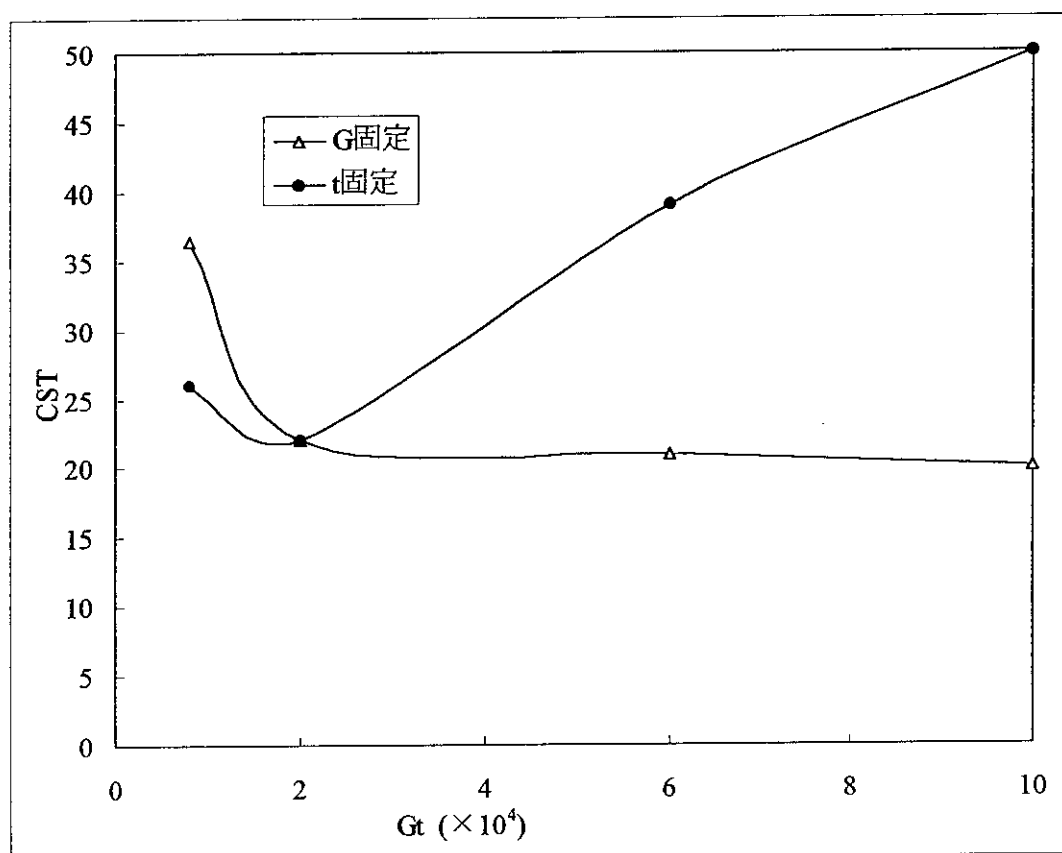
不同 G/t 比值在不同脫水程度後，其污泥餅固含量之差異則如表一所示。污泥經調理後以重力沈降作為脫水時，較高之 G/t 攪拌 (G/t = 16.3 , 33) 產生較高之固含量，此乃意味較大之 G/t 攪拌易產生較易沈降之污泥，並在 CST 試驗時，易在濾紙上形成較高之過濾阻抗，導致較高之 CST 值及 SCST 值。

當以離心作為脫水動力時，則發現在低轉速 (1500rpm) 時，不同 G/t 之污泥餅固含量值並無明顯差異，但漸次提高轉速 (離心力) 時，則顯然於 G/t = 5.3 及 16.3 之組合攪拌下，產生較高之固含量，此結果似乎說明了，雖然以相同之攪拌強度進行調理攪拌，但不同之 G/t 組合，不僅對污泥脫水性產生影響，甚至亦影響不同脫水程度之脫水效果。表一同時亦表列出經重力沈降及離心脫水後污泥餅中之結合水含量 (Bws、Bwc)。以重力沈降而言，最高與最低之結合水含量分別出現在 G/t 最低與最高之時，此則說明不同之 G/t 攪拌，會改變污泥中水份之分佈，在較低之 G/t 攪拌時某些水會在包陷在污泥結構形成結合水，但在經較高之 G/t 攪拌下卻又釋放出來形成自由水，導致結合水含量降低。另由離心後之結合水含量 (Bwc 值) 結果亦可發現 Bwc 值皆明顯低於 Bws 值，且並未受 G/t 之影響而有顯著差異。因此由各 G/t 下之 Bws 與 Bwc 間之差值變化結果可印證不論是攪拌或脫水所產生之剪力會影響污泥之水份分佈外，亦說明污泥結合水含量乃一操作型定義。

表一 以相同攪拌強度、不同之 G/t 組合對污泥脫水性及結合水含量一覽表

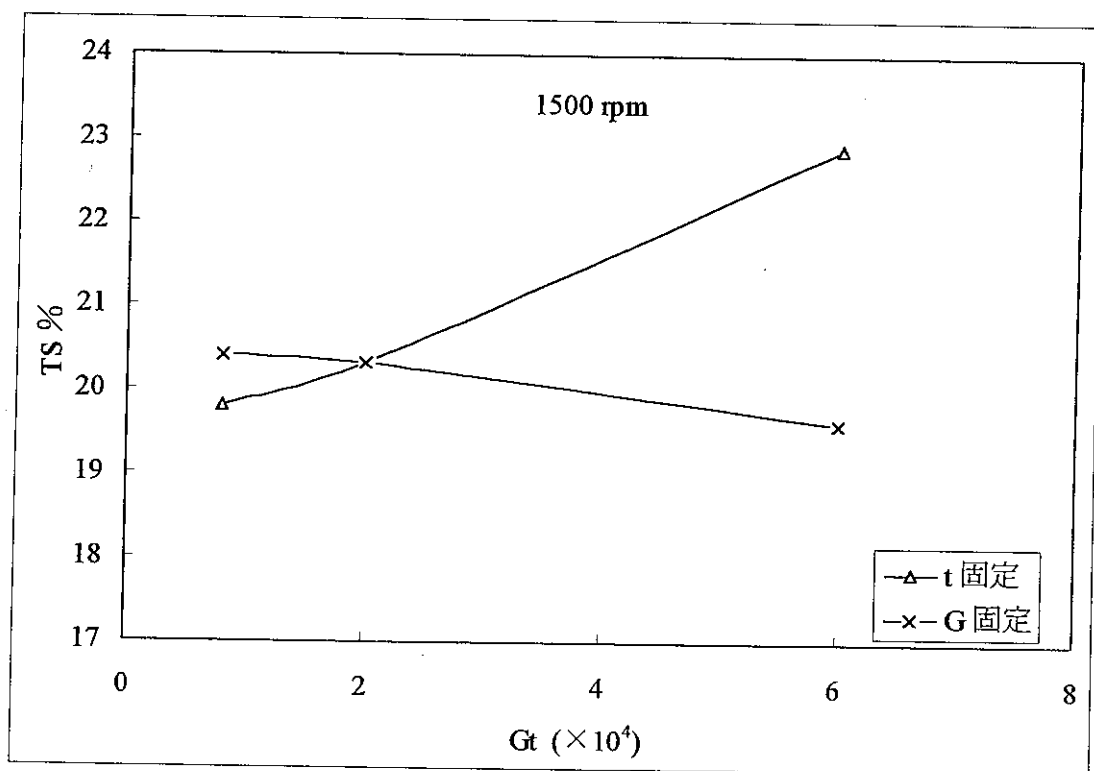
G×t G/t	固含量 (%)				結合水含量 (Kg/KgDS)		
	沈降	離心			沈降後 Bws	離心後 Bwc 5000rpm	結合水差值 (Bws - Bwc)
		2hr	1500rpm	3500rpm			
120×250 0.48	8.6	22.7	29.6	33.5	3.08	1.51	1.57
400×75 5.3	8.4	22.9	31.5	34.9	2.48	1.34	1.14
700×43 16.3	10.4	22.7	31.3	34.5	2.50	1.42	1.08
1000×30 33	11.4	22.5	29.0	33.9	2.19	1.32	0.87

圖二為以相同劑量進行三種不同攪拌強度(0.8×10^4 、 2×10^4 、 6×10^4)調理時，污泥脫水性之變化。加入高分子劑量是以 $Gt=2 \times 10^4$ ($G=400$ 、 $t=50$) 攪拌時所得最低 CST 值之劑量。在此定義為最佳劑量(optimum dosage)。相同地， $Gt=2 \times 10^4$ 亦定義為最適攪拌強度(optimum mixing intensity)。 $Gt=0.8 \times 10^4$ 、 $Gt=6 \times 10^4$ 則分別定義為攪拌不足(under mixing)與過度攪拌(over mixing)。由圖二可發現在 G 值固定下(Δ 者)，如由攪拌時間過短所產生之 CST 值顯然高於最適時，而過長的攪拌並不影響 CST 值讀值。如在 t 值固定下(\bullet 者)，過大的攪拌速度(G 值)明顯造成 CST 值之上升。由此顯示：以陽性高分子調理劑調理鋁鹽污泥時，如由過大之攪拌速度所引起之過度攪拌，極易產生污泥脫水性變差之情形，此結果亦印證 Novak(1991)之發現。另在攪拌強度不足時，因攪拌時間之不足所產生之影響，明顯大於由攪拌速度之不足。

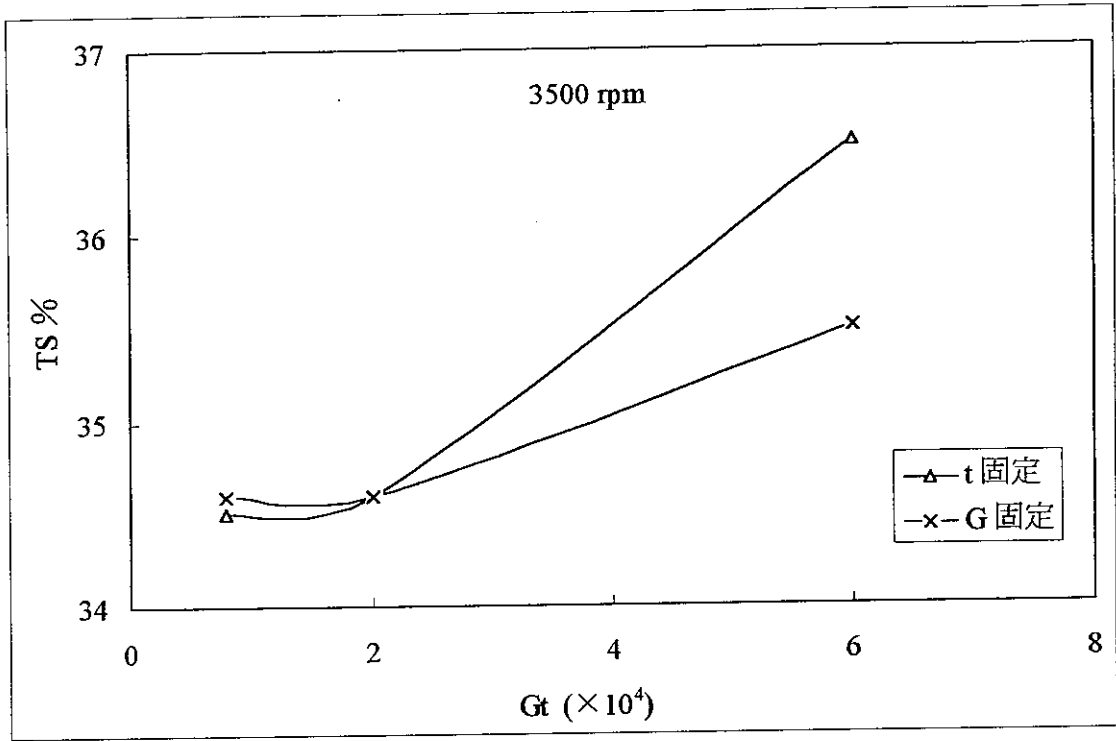


圖二 鋁鹽污泥以不同攪拌強度對污泥脫水性的影響

本研究亦分別以高低速離心(1500、3500 rpm)將污泥脫水以瞭解三種不同攪拌強度所產生之泥餅固含量變化情形，其結果分別如圖三、四所示。在低速離心脫水時(圖三)，由攪拌時間長短(G 值固定)所引起之強度變化對泥餅固含量並未產生明顯差異(×者)。但由攪拌速度變化所產生的則明顯可看出在過大之 G 值時會獲得較低脫水成效。而在高速離心脫水時(圖四)，則顯示過長的攪拌時間及過大的攪拌速度都會造成較高的泥餅固含量。不足的攪拌速度與時間則如同低速離心一樣並未產生明顯差異。綜合以上二圖結果可獲得以下二結論：一、以較大攪拌速度攪拌調理之污泥，不論是以高或低速離心，脫水後之固含量均較高。此乃顯示，在攪拌時以較大速度(即提供較大之 G 值)環境下，產生之污泥結構在後續以離心脫水方式進行脫水時，較能產生一易排水的泥餅結構。二、強度不足之攪拌不論是由攪拌時間不足或速度不足，其離心脫水後之固含量並未明顯低於最適攪拌強度時。



圖三、在低速離心脫水時以相同劑量、不同攪拌強度調理時，泥餅固含量之變化



圖四、在高速離心脫水時以相同劑量、不同攪拌強度調理時，泥餅固含量之變化

另如將CST試驗(圖二)視為一重力過濾型式脫水，其所顯示的反應明顯不同於上述離心脫水之結論。此差異主要乃因脫水驅動力(driving force)之不同所造成，相較於離心，CST之脫水驅動力明顯較低，而且不同脫水方式對污泥結構要求亦有所不同(Moudgil and Shah, 1986)。在不同之攪拌強度或攪拌方式下產生不同的污泥結構，自然其不同脫水驅動力下，而導致不同之結果。

結 論

- (1) 在同一攪拌強度時， G/t 比值大於 5.3 以上會使得污泥脫水性隨 G/t 值增大而漸趨惡化，且經重力脫水後，產生較高之固含量及較低之結合水值。另以低轉速(1500 rpm)離心脫水時、固含量並不受 G/t 影響，高轉速時，高 G/t 比值(5.3、16.3)，會產生較高之固含量。此外不同 G/t 比值調理下污泥以 5000 rpm 轉速離心後其結合水值並無明顯差異。
- (2) 在不同攪拌強度時發現在固定 t 下，污泥脫水性隨 G 值增加而變差，但在固定 G 值下，污泥脫水性顯然未受 t 值增加而改變，以重力脫水和低速離心(1500 rpm)脫水，其污泥脫水性明顯受 G 值改變大於 t 值改變。而在以較高速離心(3500 rpm)脫水時，過長的攪拌時間(t)及過大的攪拌速度(G)均會造成較高的泥餅固含量(即脫水性變差)。

誌 謝

本研究承蒙交大環工所黃志彬教授，台大化工所李篤中教授指導，及台北市自來水事業處長興淨水廠薛志宏、廖于恆先生等之協助，得以順利完成，僅此敬致謝忱。

參考文獻

- Moudgil, B. M., Shah, B. D. (1986) Selection of flocculants for solid-liquid Separation process. in *Advances in Solid-Liquid Separation* 191-204. H. S. Muralidhara Ed.
- Novak, J. T., Bandak, N. (1989) Chemical conditioning and the resistance of sludge to shear. *J.WPCF*. 61, 327-332.
- Novak, J. T. (1991) The effect of mixing on the performance of sludge conditioning chemicals. *Water supply*. 9, 53-60.
- Robinson, J., Knocke, W. R. (1992) Use of dilatometric and drying techniques for assessing sludge dewatering characteristics. *Water Environ. Res.* 64, 60-68.
- Stump, V. L., and Novak, J. T. (1979), Polyelectrolyte selection for direct filtration. *J.AWWA*, Vol. 71, No. 338,.
- Vesilind, P. A. (1994) The role of water in sludge dewatering. *Water Envir. Res.* 66, 4-11.
- Werle, C. P., Novak, J. T. (1984) Mixing intensity and polymer conditioning., *J. Envir. Eng., ASCE*, 110, 919-934.

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水季刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與你、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地等文稿。
- 三、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限。
- 四、本刊原則上不轉載譯文或已發表之論文。
- 五、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過 150 字之中英文摘要，本刊將委請專家 1~2 人審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計劃期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與你」則報導本會會務。
- 六、惠稿請用稿紙繕正，如有圖表，請以黑墨繪製以便製版，其大小應顧及刊登後版面之清晰程度，所有圖表及照片以原件為佳，皆應附簡短說明，並依在文中出現之次序分別編號。
- 七、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：(1)期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。(2)書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。(3)機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。(4)英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 八、惠稿請註明真實姓名、通訊地址、服務單位及撰稿人之學經歷簡介與 1 吋照片一張，以利刊登，來稿文責由作者自負，一經本會刊刊登版權即歸本會所有，非經同意不得轉載。
- 九、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石等文稿為 1200 元/千字，「業務報導」為 800 元/千字，其餘為 500 元/千字。
- 十、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02) 5042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單

自來水會刊雜誌

發行所名稱：中華民國自來水協會

發行人：林茂文

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電話：(02) 5073832

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員：劉家堯

副主任委員：謝啓男

委員：陳梓楨 鄭顯榮 張順興 葉宜顯 蔣本基

康世芳 謝永旭 陳重男

沈進宏 李泰雄 林顯華 林孟臻 蘇金龍

史午康 賴雙鳳 陳榮藏

李輝雄

秘書：李丁來

總編輯：李輝雄

編輯：林孟臻 李丁來

出版地址：臺中市雙十路二段二號之一

電話：(04) 2244191 轉 217

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字第 2995 號

中華郵政北台字第 0473 號執照登記為雜誌交寄