

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以助濾介質調理提升污泥脫水效率之研究 (II)

Study on Improving Sludge Dewatering Efficiency by Addition of Conditioning Aids

計畫編號：NSC 89-2211-E-002-022

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：李公哲 國立台灣大學環境工程學研究所

E-mail address：kcli@ccms.ntu.edu.tw

一、中英文摘要

中文摘要：

本研究係以火力發電廠飛灰作為助濾介質，配合高分子聚合物對污泥進行調理之工作，探討其對於污泥脫水效率及流變特性的影響。

單以飛灰助濾進行物理調理時，對於無機污泥之脫水效率有較顯著的提升，對於生物污泥之脫水效率則無顯著影響。添加飛灰助濾，配合高分子聚合物進行雙重調理時，在離心脫水試驗及帶濾脫水試驗中，顯示對於無機污泥而言，與單獨使用高分子聚合物比較，雙重調理能減少高分子聚合物的加藥量，並提升污泥之脫水效率，增加污泥餅的固含量。然而對於生物污泥而言，雙重調理相對於單獨化學調理，添加飛灰助濾對於生物污泥脫水效率並無顯著效應，污泥餅固含量僅隨著飛灰添加而增加。

污泥以離心機脫水時，毛細汲取時間與比阻抗為較佳之脫水指標，然而對於帶濾脫水機而言，以毛細汲取時間、比阻抗及壓縮係數作為脫水指標，則容易產生加藥不足之現象。

在污泥流變特性方面，無機污泥單獨以飛灰助濾時，添加適量飛灰能降低其降伏應力及外觀黏度，有利於污泥的脫水，然生物污泥則無降低之現象。當以單獨化學調理及雙重調理進行脫水試驗時，則無機污泥隨著高分子聚合物加藥量的增加，其剪應力與剪應變之流變圖形由直線轉變成明顯具有尖峰之曲線，可作為判斷污泥顆粒是否已經凝聚成足夠強度、體積之膠

羽的指標，惟對於生物污泥而言，則其流變圖形無明顯具有尖峰之曲線。再者，當無機及生物污泥進行單獨化學調理及雙重調理時，在聚合物加藥不足階段，由於膠羽體積、強度的逐漸增加，降伏應力與外觀黏度隨之上升；而在加藥過量階段，由於殘留水中的高分子聚合物，降伏應力與外觀黏度也呈上升，因此，降伏應力曲線或外觀黏度曲線之反折點，可與毛細汲取時間及比阻抗相互比對，也可做為高分子聚合物之最適加藥量評估準則。

關鍵字：飛灰、高分子聚合物、雙重調理、毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數、流變特性、離心機脫水、帶濾脫水機

Abstract：

Fly ash from coal-fired power plant can be used as filter aid in sludge conditioning. The scope of this research includes the dewatering characteristics and the rheological properties of conditioning sludge with fly ash / polymer.

Physical conditioning with fly ash addition can improve the dewaterability of inorganic sludge, but there is no profound influence on activated sludge. The effect of dual conditioning with fly ash and polymer comparing to a sole chemical conditioning with polymer is investigated. According to the experiment with centrifugation and belt filter press, dual conditioning for inorganic sludge can reduce the dosage of polymer, improve the dewaterability, and produce higher cake solid concentration. However, when comparing dual conditioning to a sole chemical conditioning, fly ash addition shows no significant effect in activated

sludge dewatering, and cake solid concentration just increases as adding fly ash.

Capillary suction time (CST) and specific resistance to filtration (SRF) are better criteria for optimal dosage of polymer in dewatering process of centrifuge. However, dosage of polymer is usually insufficient in dewatering process of belt filter press when using CST, SRF, and coefficient of compressibility as operational parameters.

In the measurement of the rheological behaviors of sludge, optimal fly ash addition can reduce yield stress, apparent viscosity of inorganic sludge and improve the dewatering characteristic. However, the behavior is not observed in activated sludge conditioning with fly ash addition. As addition of polymer for chemical conditioning or dual conditioning, the relationship between shear rate and shear stress of inorganic sludge changes from straight line to curve with an obvious peak by flocculating the small particles into large and stronger aggregates, but this relationship remains linear for activated sludge. Furthermore, when sludge is treated by chemical or dual conditioning process, both of yield stress and apparent viscosity are increased in underdosing which is attributed to the floc volume and floc strength: The increases are also happened made the condition of overdosing which is due to the polymer residual in the water. According to the experimental result, the turning point showed in yield stress and apparent viscosity curves could be used as operational criterion for optimal dosage of polymer.

Keyword: fly ash, polymer, dual conditioning, capillary suction time, specific resistance to filtration, coefficient of compressibility, rheology, centrifuge, belt filter press.

二、緣由與目的

污泥脫水程序是污泥處理處置中最為重要的單元之一，污泥最終處置之方式不論為再利用、焚化、熔融或是掩埋等，減少污泥容積及降低污泥含水量都是首要的

工作。本研究目的在於探討以火力發電廠飛灰作為助濾介質來提升污泥的脫水效率可行性。因為飛灰為火力發電廠發電後所產生之副產物，台灣每日飛灰產量高達2200公噸以上，一般飛灰的後續利用只有少部分使用於混凝土中，其餘多視為廢棄物而加以廢棄處理，故此項作法不能真正符合將飛灰視為有用物質而再利用的觀念。本研究中以飛灰再利用為目標，將飛灰作為污泥脫水調理之助濾介質，以達到飛灰之再利用與污泥共同處置之雙重目的，並提升污泥的脫水效率，以利於污泥後續處理之程序。

三、研究方法與步驟

本研究中主要探討以火力發電廠飛灰為助濾介質時，對於污泥脫水效率之影響。同時進行飛灰調理配合化學調理雙重調理(dual conditioning)之研究。本研究之污泥來源為自來水廠之多元氯化鋁(PAC)無機污泥以及食品工廠之生物污泥，分別探討調理對其脫水效率與流變特性之影響。研究內容可分為污泥調理、污泥脫水特性試驗及污泥機械脫水三部分，研究內容敘述如下：

第一部份：污泥調理

無機污泥與生物污泥採樣後，隨即進行污泥調理之工作。污泥調理的方式有三種：物理調理、化學調理以及雙重調理。物理調理為單獨添加助濾介質飛灰，化學調理為單以陽離子高分子聚合物(PC-325C)做為化學調理劑，雙重調理為以過濾介質飛灰配合陽離子高分子聚合物進行調理之工作。調理後之污泥隨即進行後續之試驗。

第二部分：污泥脫水特性試驗

污泥脫水特性包含污泥流變特性、污泥脫水特性因子試驗兩部分。污泥流變特性試驗可以提供污泥重要之物理參數如外觀黏度(Apparent Viscosity)、降伏應力(Yield Stress)，藉以探討其與脫水調理之關聯性。污泥脫水特性因子是以毛細汲取時間(Capillary Suction Time, CST)、比阻

抗(Specific Resistance to Filtration, SRF)及壓縮係數(Coefficient of Compressibility)為測量項目，評估調理後的無機污泥、生物污泥之脫水性質，並尋求助濾介質飛灰/陽離子高分子聚合物之最適加藥量(Optimal Dosage)與最佳調理狀況。

第三部分：污泥機械脫水

調理後之污泥，以小型離心脫水機(Centrifuge)及帶濾脫水機(Belt Filter Press)進行污泥的脫水試驗，得取污泥餅固含量，以實際的脫水結果探求最佳的調理狀況。並量測各脫水濾液之黏度，配合污泥流變特性、毛細汲取時間、比阻抗及壓縮係數，探討其與各脫水機制之相關性及適用性，建立工程應用之操作準則及最適加藥量之施加準則。

四、結果與討論

1. 對於無機污泥而言，單以助濾介質飛灰調理時，發現利用毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數為脫水特性因子時，顯示單獨以飛灰助濾能提升無機污泥之脫水效率，降低可壓縮性。進行離心脫水試驗時，飛灰添加量為9%時，無機污泥有最佳之脫水效率，與最高之污泥餅固含量值，且以毛細汲取時間及比阻抗做為脫水指標，最能反應單獨以飛灰調理時，離心脫水之飛灰最適添加量。

對於生物污泥而言，單以助濾介質飛灰調理時，發現利用毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數為脫水特性因子時，顯示單獨以飛灰助濾並不能有效提升生物污泥之脫水效率。進行離心脫水試驗時，單以飛灰助濾，並不能有效提升生物污泥之脫水效率，僅生物污泥之污泥餅固含量隨飛灰之添加而增加。由試驗結果顯示，單獨以飛灰助濾時，對於無機污泥之脫水效率有較顯著提升，對於生物污泥之脫水效率則無顯著影響。

2. 污泥添加飛灰助濾，配合高分子聚合物進行雙重調理時，先將飛灰與污泥完全混合進行物理調理後，再進行高分子聚合

物的化學調理，可得到較佳之調理狀況，因為先加入飛灰助濾在進行化學調理，可使飛灰與污泥完全混和，並避免嗣後過度攪拌使原以形成之膠羽再度破壞，而需要更多的高分子聚合物來凝聚污泥顆粒。

對於無機污泥脫水效率而言，添加飛灰助濾，配合高分子聚合物進行雙重調理時，可以發現以毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數為評估因子時，雙重調理能提升無機污泥之脫水效率，並節省高分子聚合物的加藥量。在離心脫水試驗時，單獨以高分子聚合物(PC-325C)調理所需之最適加藥量為20 mg/L，然而添加6%飛灰助濾進行雙重調理，可將高分子聚合物(PC-325C)的最適加藥量減至15 mg/L，並提升無機污泥的脫水效率，增加污泥餅的固含量。在帶濾脫水試驗時，單獨以高分子聚合物(PC-325C)調理所需之最適加藥量為30 mg/L，然而添加6%飛灰助濾進行雙重調理，可將高分子聚合物(PC-325C)的最適加藥量減至25 mg/L，並提升無機污泥的脫水效率，增加污泥餅之固含量。所以，添加飛灰做為構架劑 (Skeleton Builder)，使得污泥顆粒與高分子聚合物形成之膠羽，在加壓過濾的過程中，不易被壓縮變形，維持污泥餅之孔隙度，並達到減少高分子聚合物的加藥量，與污泥與飛灰共同處置(Co-disposal)之目的。

對於生物污泥脫水效率而言，添加飛灰助濾，配合高分子聚合物進行雙重調理時，由表四發現以毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數為評估因子時，添加飛灰對生物污泥脫水效率的提升並不顯著。在離心脫水試驗時，添加3%飛灰與20 mg/L高分子聚合物(PC-325C)可獲得尚佳之調理狀況，之後再增加飛灰的添加量，對於生物污泥的脫水效率並無顯著效應。在帶濾脫水實驗時，高分子聚合物(PC-325C)的最適加藥量為25 mg/L，污泥餅固含量僅隨飛灰添加而增加。因此，生物污泥以飛灰配合高分子聚合物進行雙重調理，對其脫水效率提升並不顯著。

3. 污泥以離心機脫水時，毛細汲取時間與比阻抗為較好的脫水評估因子，對於最適加藥量之判斷較能符合實際狀況。然而，對於帶濾脫水機而言，以毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數為評估因子，則會產生加藥不足之現象。

4. 單以飛灰助濾進行物理調理時，由表一可知，添加適量飛灰能降低無機污泥之降伏應力、外觀黏度^[1]，而在最適的飛灰添加量時，則有較低的降伏應力與外觀黏度，因此，無機污泥單以飛灰助濾，能降低其降伏應力與外觀黏度，有助於污泥脫水過程。單以飛灰助濾進行物理調理時，對於生物污泥之脫水效率並無顯著影響，隨著飛灰添加量的增加，生物污泥之降伏應力、外觀黏度亦隨之提升。

無機污泥與生物污泥在未經調理時，其剪應力與剪應變為線性之關係，屬於賓漢流體(Bingham Fluid)。添加高分子聚合物做為化學調理劑時，由於電性中和與架橋作用，改變了膠羽之體積、強度，影響污泥的流變特性。當以化學調理及雙重調理進行脫水試驗時，對於無機污泥而言，隨著高分子聚合物加藥量的增加，無機污泥剪應力與剪應變之流變圖形，從直線轉變成具有一明顯尖峰之曲線^[2]，其圖形與賓漢流體之曲線有明顯不同，可做為判斷污泥顆粒是否已經凝聚形成足夠強度、體積之膠羽的指標。對於生物污泥而言，添加高分子聚合物進行調理，其剪應力與剪應變仍為線性之關係，即仍然維持賓漢流體之流變圖形。

進行污泥化學調理及雙重調理時，可以得知，在高分子聚合物加藥不足階段，污泥降伏應力與外觀黏度的上升，是由於膠羽體積與強度的逐漸增加。在加藥過量階段，降伏應力與外觀黏度的上升，是由於水中殘留的高分子聚合物所致；因此，降伏應力曲線或外觀黏度曲線的反折點，為高分子聚合物之最適加藥量，此結果與毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數試驗結果也相符合。上述結果也顯示出化學調理

及雙重調理，與單獨以飛灰進行物理調理時，對於污泥降伏應力、外觀黏度造成的影響各有所不同。

進行污泥化學調理及雙重調理時，在加藥不足階段，濾液黏度的增加為水中懸浮顆粒所致；在加藥過量階段，濾液黏度的增加為水中殘留聚合物所致。但必須在明顯加藥不足、或明顯加藥過量時，趨勢才較明顯。因此，以污泥之降伏應力、外觀黏度判斷高分子聚合物的最適加藥量，比濾液黏度做為指標更具敏感度。

五、計畫成果自評

本研究探討應用助濾介質飛灰於污泥調理上，經毛細汲取時間、比阻抗、壓縮係數、以及實際之脫水試驗後，發現飛灰配合高分子聚合物進行雙重調理，有利於污泥脫水之過程，可增進脫水效率，並節省高分子聚合物之加藥量，達到將飛灰視為有用資源再利用，與污泥共同處置之多重目的，具實務應用的價值。此外，研究發現污泥之流變特性與脫水深具關聯性，可提供污泥管理之另一準則，有進一步深入研究之價值^[3]。

六、參考文獻

- [1] 謝其哲，"高嶺土泥漿坯料之流變特性與其在擠出形成程序上之應用"，國立清華大學化學工程研究所 (1995)
- [2] Campbell, H. W. and Crescuolo, P. J. "Assessment of Sludge Conditionability Using Rheological Properties" *Proceeding an EEC Workshop on methods of Characteristics of Sewage*, Dublin, Ireland (1983).
- [3] 侯嘉洪，"添加飛灰助濾與高分子聚合物調理對污泥/脫水流變特性之影響"，國立台灣大學環境工程學研究所 (2000)。