

鹼性操作污泥毯澄清池去除硬度之研究

*李丁來，**邱芬蘭，***黃志彬

*博士班研究生，**碩士班研究生，***教授
交通大學環境工程研究所

摘要

台灣地區淨水場使用污泥毯澄清設備之比例很高，然而卻缺乏對於此設備之研究，本實驗以人工原水及高屏溪原水探討污泥毯處理濁度、硬度之效率及特性。

由實驗結果得到，進入污泥毯前之原水膠羽結構及大小影響污泥毯形操作之好壞。當進流水中含有硬度 250 mg/L as CaCO₃ 時，提高操作 pH 至 9.5 時，可有效提升污泥毯澄清池對硬度及濁度之去除效率。其釋出之碳酸鈣及碳酸鎂能增加污泥毯之緻密度，進而降低出流水濁度。不論以 PACl 或 Alum 作為混凝劑，皆能達相近之濁度及硬度去除效果。即使減少混凝劑添加劑量，或提高進流流速，仍皆可獲良好之出流水硬度及濁度。

關鍵字：污泥毯、硬度

前言

國內自民國六十年代末期即引進污泥毯澄清池設備，以提昇傳統混凝沉澱程序的用地效率。污泥毯表面去除顆粒之機制主要有沈澱(Settling)，拖曳(entrainment)，及顆粒淘漸(particle elutriation)。污泥毯中對顆粒去除之機制則較為複雜，可能有膠凝(flocculation)，絆除(entrapment)，及沈澱(sedimentation)。Letterman (1999) 現今國內污泥毯澄清設備所處理之水量已佔台灣自來水總供水量約 44% (本研究調查所得)，因此污泥毯澄清池之處理效能及污泥毯特性之掌握實為相當重要而值得重視之課題。

台灣地區因地質特殊，無論地面或地下水源之鈣、鎂含量均高，以高雄地區尤甚。於台灣省自來水股份有限公司第七區管理處所屬水場檢測出之總硬度高達 130~340 mg/L 之間 (高雄縣政府環境保護局，2003)。雖然硬度對於健康的影響並不大，Schwartz (2002) 並未發現飲用水中硬度與結石有何相關性，反倒是許多資料顯示飲用水中硬度與心血管疾病患者的死亡率有關，飲用水硬度較高的地區，心血管疾病死亡率較低 (Lacey

and Shaper, 1984; Sauvant and Pepin, 1999)。然而水質硬度過高，於煮沸後會產生白色沉澱物，因而產生鍋垢，可能耗費熱能並且阻塞熱水管，且影響民眾對自來水水質之觀感。隨著生活水準日益提高，對於用水品質要求也日漸升高，高雄地區民眾基於上述問題，多年來即不斷要求自來水水質之改善，故本研究針對提供大高雄地區民生用水之高屏溪原水，以實驗室污泥毯澄清設備探討其對硬度之處理效能。

研究材料設備與方法

1. 膠羽粒徑分析

合成原水

將高嶺土儲備液倒入經活性炭管柱處理之自來水中，調配至所需的濁度後，調整導電度到 500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，最後將 pH 調至 7.0，人工原水製備完成。

混凝劑

以硫酸鋁 (J. T. Baker) 作為混凝劑。

污泥毯管柱

壓克力材質，直徑為 8 cm，但加高至 155 cm，由圓柱底端每隔 10 cm 設開關以利取樣分析。原水由槽底進流，於槽頂溢流後收集至出口排放。

實驗方法

本實驗以 100 NTU 之人工原水進流，上流速度 2.98 m/hr，固定快混槽之 G 值為 350 s^{-1} ，停留 0.72 min，加藥量為 2 mg/l as Al。如圖 1，原水以幫浦打至快混槽後，以重力流流過纏繞於一圓柱上之彎管，於彎管末端抽取膠羽，以顯微觀察影像分析系統攝影觀察取出膠羽之外觀及粒徑分布。

管徑為 3/16 in 之 Tygon 管，以文獻中之計算式 (McEwen, 1998)： $Gt = 5.66 L/d$ ，其中 L 為管長(m)，d 為管徑(mm)，求得 G 值為 25.5 s^{-1} 。分別使用管長為 4.9 m 及 15 m，使水流在管中的停留時間分別為 1.9 min 及 5.7 min，以比較觀察不同停留時間產生之初

始膠羽。粒徑之量測原理為軟體分別以八個角度量測膠羽長度再平均後求出之粒徑大小，以 Feret diameter 表示。

2. 高屏溪原水之硬度去除

天然原水

本研究以高屏溪原水為對象。

混凝劑

為了使試驗結果直接用到現場，實驗進行時，使用來源相同於坪頂水場之 Alum 及 PACl (大軒化工公司) 混凝劑。此部份之加藥量皆以總量表示。

實驗方法

(1) 液鹼加入點之選擇(瓶杯試驗)

在進行污泥毯處理前，先選擇實驗進行的條件。由於坪頂淨水場已由瓶杯試驗得到在 pH 9.5 時，可在獲得良好之硬度去除效果；並且由本相關研究之結果亦證明 pH 9.5 時可析出大部分之硬度，故本研究直接使用此 pH 值進行實驗。混凝劑加藥量則進行簡單的瓶杯試驗而選取 PACl 50 mg/l 及 Alum 60 mg/l 的加藥劑量。

接下來，於固定的 pH 及混凝劑加藥量下，以瓶杯試驗比較不同時間點加入 NaOH，對濁度、硬度去除之效果，以選擇液鹼加入之時機。

瓶杯試驗進行時，混凝劑注入在水樣的表面，提供轉速為 200 rpm 的快混攪拌 1 分鐘($G = 350 \text{ s}^{-1}$)，接下來的 20 min 進行轉速為 30 rpm 的慢混 ($G = 25 \text{ s}^{-1}$)。慢混停止後分別在沉降 5 min, 10 min, 20 min 測殘餘濁度，並收集 20 min 之上澄液測量其硬度。

(2). 高屏溪原水之硬度去除

本實驗剛開始先用高嶺土提高原水濁度以便於污泥毯養成，如圖 2，原水以 2.98 m/hr 之上流速度進流，於快混槽 ($G = 350 \text{ s}^{-1}$) 快混 0.72 min，再經慢混槽 ($G = 25 \text{ s}^{-1}$) 慢混 1.2 min，進入高速膠凝沉澱池內形成污泥毯。

待污泥毯形成穩定後，則只進流高屏溪原水，可於快混槽內改變加藥劑量，慢混槽

中調整 pH 值於 9.5。分別探討改變 pH、加藥量及上流速度等條件後對高屏溪原水硬度及濁度及有機物去除之影響。其中硬度以 EDTA 滴定法量測。使用水場所提供之 Alum 及 PACl 作為混凝劑。

結果與討論

1. 膠羽粒徑分析

Yadav 及 West (1975) 發現在只使用混凝劑而不添加聚電解質的情況下，延長加藥後至膠羽進入污泥毯的時間，有助於出流水質的改善。而 Gregory (1979) 亦指出這段停留時間可能有助於初始膠羽(primary floc)的成長，進而改善接下來於污泥毯中的膠凝作用。故本實驗以粒徑分析探討混凝後原水進入污泥毯設備前，其不同停留時間對於膠羽粒徑分布之影響。

由實驗結果觀察到不同停留時間對膠羽形成之影響，圖 3 a. 及 3.b. 分別為停留時間 1.9 min 及 5.7 min 之膠羽放大照片(約 290 倍)，由照片中可明顯看出停留時間較短的初始膠羽數量較多，但主要為細碎的顆粒；反之停留時間較長的，因顆粒混凝聚集後顆粒數變少，而所形成之初始膠羽粒徑較大且看來較為結實。

Gregory and Patricia (1986) 曾提到愈適的膠凝狀況，其在沉降前的懸浮液顆粒總數少而濁度低，且膠羽粒徑大，其所述現象正符合停留時間為 5.7 min 之圖片。由此可見停留時間拉長，有助於進行較佳的膠凝作用而形成較大結構較結實之膠羽，可能因為此膠羽之相對重量較重，在污泥毯澄清槽中較不易被淘漸，故比數量多但較小之膠羽更有利於形成污泥毯。

接下來比較兩種情況下膠羽之粒徑分布，由圖 4 可清楚看出停留時間增長後所形成之膠羽粒徑往較大之處轉移。當停留時間為 1.9 min，粒徑小的膠羽佔大多數，Feret diameter 小於 25 μm 的比例即達 66.5%，粒徑介於 25~50 μm 則有 21.7%，介於 50~100 μm 有 8.1%，只有剩餘 3.7% 的膠羽大於 100 μm ；而停留時間 5.7 min 的膠羽分布則為小於 25 μm 的粒徑佔 55.5%，介於 25~50 μm 者有 17.9%，範圍在 50~100 μm 佔有 13.8%，膠羽粒徑大於 100 μm 的比例則高達 12.8%。由此可見膠羽於加藥槽到進入污泥毯前所停

留的時間長短影響其聚集形成的膠羽粒徑之大小分布，停留時間較長者平均粒徑較大。

由於在此實驗結果中，進入污泥毯澄清池前停留時間短的污泥毯形成之狀況不佳，故於停留時間 1.9 min 佔較大多數比例之小於 25 μm 的膠羽，應不是有助於污泥毯形成之主要粒徑範圍；而粒徑介於 25~50 μm 之比例兩者相近，對於污泥毯形成之好壞影響應該亦不大；膠羽粒徑大於 50 μm 之後，皆為停留時間 5.7 min 佔較重之比例，故判斷粒徑大於 50 μm 之膠羽為主導污泥毯形成好或壞的主因。當進入污泥毯前較大粒徑之膠羽的比例越多，膠羽結構越完整，對於污泥毯形成及污泥毯之結構甚至於後續之處理效率會有較好的影響。

2. 高屏溪原水硬度去除

決定液鹼加入時間點

分別以 Alum 60 mg/l 以及 PACl 50 mg/l 之混凝劑加藥劑量，控制 pH 於 9.5 之情況下，進行下列六種情況之瓶杯試驗：分別先加入 NaOH 4 min、3 min、2 min 及 1 min 與原水混合後再加入混凝劑進行瓶杯試驗、NaOH 與混凝劑於快混時同時加入，以及混凝劑先加入後於慢混時再加 NaOH。由圖 5 可見，以 PACl 為混凝劑時，先加入 NaOH 使硬度先析出對於濁度的去除效率較差，濁度最低還有 48 NTU，相較之下 NaOH 加入時間較久對濁度的去除效果較好。而 NaOH 與 PACl 同時加入與慢混時再加入 NaOH 的情況去除濁度的效果差不多，慢混時加鹼的狀況稍佳，濁度可降至 3.5 NTU。硬度之去除方面則顯示，控制在相同的 pH 之下，硬度去除之效率其實相差不多，殘餘硬度在 58.4~66.5 mg/l as CaCO_3 之間，而由圖 5 中仍可見當 pH 不變，則硬度去除與濁度相關，濁度較低者硬度去除較佳。

雖然由以上之結果可顯示 NaOH 與混凝劑同時加入應為較佳之液鹼加入點，但由於實驗室污泥毯澄清設備為一連續進流且連續加藥之情況，為避免 pH 調節時，高低不定之酸鹼度影響加藥之效果，故選擇加鹼點狀況次之的慢混加 NaOH，以便於實驗中監控加藥及加鹼之狀況。

圖 6 以 Alum 為混凝劑時也可看出相似的趨勢，然而其中先加入 NaOH 的方式下，NaOH 加入的時間長短對濁度去除有很大的影響，NaOH 先加入 1 min 的最後殘餘濁度

為 57.3 NTU，而先加入 4 min 的殘餘濁度則可下降至 15.3 NTU。此應是因為 Alum 之混凝機制為沉澱絆除，NaOH 加入時間愈長，可析出越多 CaCO_3 固體物濃度進而利於 Alum 的混凝作用。六種情況中以 Alum 與 NaOH 同時加入之濁度去除效果最佳，可降至 15.3 NTU，慢混時加入 NaOH，則可將濁度降至 28.5 NTU。

實驗室污泥澄清設備處理高屏溪原水

(1). PACl 為混凝劑

首先以 PACl 進行處理高屏溪原水之實驗，表 1 為使用 PACl 作為混凝劑時，污泥毯設備對高屏溪原水濁度、硬度及有機物等之去除結果。W01 為高屏溪原水水質，其 pH 為 8.25，硬度為 249 mg/l as CaCO_3 ，TOC 濃度為 1.238 mg/l。依照文獻(Sawyer et al., 1994)，高屏溪原水之硬度屬於分級的「硬」之硬水範圍。

不控制 pH 狀況下經由污泥毯處理之出流水水質如表 1-W02。當 pH 未加以控制，僅加入 50 mg/l 之 PACl 就直接進入膠凝池設備中處理時，對於硬度的移除效率完全沒有效果，此外對於濁度的移除效率亦不佳，出水濁度仍有 6.78 NTU。

然而一旦將 pH 提高至 9.5，於相同進流速度及加藥量下，污泥毯設備對於硬度與濁度之去除效果很快就顯現(表 1-W03)，硬度可降低至 83 mg/l as CaCO_3 ，濁度降至 0.70 NTU，且污泥毯濃度大為提高，由原本之 18.1% 升至 30.5%，可見提高 pH 有助於污泥毯的穩定。

接著固定加藥量為 50 mg/l，逐漸將上流速度調升，當上流速度調高為 2.98 m/hr 時 (W04 ~ W06)，出流水之硬度為 78 mg/l as CaCO_3 ，殘餘濁度為 0.72 NTU，去除效果仍非常良好；再將上流速度提高到 3.58 m/hr，還是可以維持出流水硬度 75 mg/l as CaCO_3 、濁度 1.05 NTU 之良好出流水質。

接下來固定上流速度為 2.39 m/hr，改變混凝劑加藥量(W03、W08 及 W09)，當加藥量為 50 mg/l，出流水硬度為 95 mg/l as CaCO_3 ，殘餘濁度為 1.09 NTU；加藥降為 40 mg/l 時，殘餘硬度為降為 60 mg/l as CaCO_3 、濁度為 0.61 NTU；再降低加藥量至 30 mg/l，出流水仍可保持在硬度 70 mg/l 及濁度 0.60 NTU 如此佳之水質狀態。

最後將 pH 調回不控制的狀態，結果出流水硬度又升高至 215 mg/l，且濁度增加至 5.31 NTU。由實驗之結果顯示，將 pH 提高後之污泥毯非常穩定，可承受大幅度之上升流速及加藥量的變化，仍保持處理水於非常良好的出流水質。而 pH 降回後又使出流水硬度及濁度升高，再次確認 pH 之改變對於高屏溪原水水質之硬度及濁度去除有很大的影響。

(2). Alum 為混凝劑

接下來使用 Alum 進行同樣之試驗。表 2 為實驗之結果。S01 為剛進流之高屏溪原水水質，原水硬度為 240 mg/l as CaCO₃，濁度為 16.0 NTU。

表 2- S02 為不控制 pH 狀況下經由污泥毯處理之出流水水質，可能因為進流水濁度本身就不高，故出流水濁度可降至 2.18 NTU，不過其對於硬度的移除仍然沒有效果。此外隨後之實驗的進流水濁度約保持在 30 NTU 左右。

而一旦將 pH 提高至 9.5，於相同進流速度及加藥量下，污泥毯設備馬上表現出對於濁度、硬度之去除效果(S03)。其出流水硬度下降至 95.5 mg/l as CaCO₃，出流水濁度亦由進流之 30 NTU 降至 0.96 NTU，污泥毯濃度則由不控制 pH 時的 22.4%，升高成為 41.4%。再來改變原水之進流速度，當上流速度由 2.39 m/hr 增加至 3.58 m/hr (S03~S05) 時，出流水之硬度越保持在 90~100 mg/l as CaCO₃ 之間，濁度也介於 1~1.5 NTU 左右，並沒有太大的變動。

接著當加藥量逐漸減少(S06 及 S10~S13)，對於濁度、硬度及鹼度的去除效果仍十分良好。除了有加藥量為 60mg/l 之條件下出流水硬度稍高，為 95.5 mg/l as CaCO₃ 之外，加藥量小於 50 mg/l 之出流水硬度皆在約 78~85 mg/l as CaCO₃ 之間。而殘餘濁度則除了加藥量為 10 mg/l 之條件的出流水濁度為 1.28 NTU，其餘 20~60 mg/l 的加藥量下，殘餘濁度皆為 1 NTU 以下，顯示低於 10 mg/l 之 Alum 劑量對於濁度的去除即產生不良影響。

最後停止控制 pH 值，出流水硬度升高至 219 mg/l，且濁度增加至 6.01 NTU。由以上之結果顯示，以 Alum 作為混凝劑，將 pH 提高後之污泥毯亦可承受大幅度之上升流速及加藥量的變化，仍保持於良好的出流水質。

由於較高之 pH 可溶出之碳酸鈣較多，也造成加藥量下降後，污泥毯濃度卻升高。在實驗進行中，即發生 Alum 加藥量降為 40 mg/l 時，可能因為污泥毯濃度快速升高而壓密污泥毯，使部分較重之膠羽先沉降於底部造成短流，而短流又使流速較慢的部分污泥沉降的更快，最後破壞污泥毯的平衡，造成洶漸現象，如圖 7。此部份之實驗結果如表 2(續)之污泥破壞後重新建立。由表 2-S07 之數據中可見污泥毯破壞後雖使濁度上升，但對於硬度的去除效果仍為良好。污泥被破壞後，我們先排掉一部分之污泥，然後以較高之上流速度 4.77 m/hr，將污泥毯內膠羽抬升上來。S08 為上升流速 4.77 m/hr，而加藥量只有 20 mg/l 之操作條件，當流速過高且污泥毯加藥不足之情形下，出流水硬度雖略有升高為 95.5 mg/l as CaCO₃，但此硬度仍為良好之出流水質，但濁度之去除效果就明顯降低，出流水高達 8.20 NTU。待加藥量調升為 50 mg/l (S09)，其對於硬度去除沒什麼影響，但濁度則由 8.20 NTU 降至 4.44 NTU。可見當進流速度過大，對於硬度及濁度去除皆有不良的影響，尤其是濁度的去除效率在上升流速偏高的情況下對加藥量的改變非常敏感。最後將操作條件調回原本的進流 2.39 m/hr，加藥量 40 mg/l，此時又恢復良好之出流水水質，硬度降為 78.4 mg/l as CaCO₃，濁度降至 0.95 NTU。PACl 及 Alum 為混凝劑之比較

pH 提高後，無論使用 PACl 或是 Alum 作為混凝劑，皆可提高污泥毯之穩定性並使污泥毯更緻密，維持良好出流水水質。兩者所處理後之出流水硬度遠低於目前飲用水水質準 400 mg/l as CaCO₃，亦低於民國 94 年 7 月起所要達到之總硬度 150 mg/l as CaCO₃ 之標準。

污泥毯趨於穩定可由圖 8 及 9 看出，圖 8.a 為以 PACl 為混凝劑時，pH 不控制下之污泥毯與上澄液之交界面，此時界面分界並不清楚，有游離之膠羽分散於兩交接面之間；然而 pH 一提高之後，污泥毯與上澄區之分界幾乎為一條線(圖 8.b)，上澄區幾乎沒有懸浮的膠羽存在，且污泥毯高度由 88.5 cm 降為 70.5 cm，可與表 1-W04 中污泥毯濃度的上升對應。另外圖 8.b 亦可見以 PACl 為混凝劑所形成之污泥毯膠羽較有黏性，污泥毯降下後，污泥毯膠羽會附著於槽體表面。

使用 Alum 作為混凝劑，當慢混槽 pH 由不控制提昇至 pH 9.5 時，污泥毯也是濃度增加、介面下降，與上澄液的分界面由模糊(圖 9.a)變得非常清楚(圖 9.b)。此外與以 PACl

作為混凝劑之照片相較之下，Alum 所生成的污泥毯膠羽黏性較低，當污泥毯高度下降時，較不會附著於管壁上。

a. pH 不控制

整體而言，使用 PACl 之實驗之硬度去除效果較 Alum 好。並且，個別比較使用兩混凝劑之實驗結果，改變上流速度對硬度去除沒什麼影響，反而加藥量減少之後，硬度之去除效果較佳。原因可由出流水之 pH 值看出，PACl 加藥後出流水 pH 約為 9.4，而 Alum 加藥後出流水 pH 則約為 9.2(表 1 及表 2)。PACl 降低鹼度的程度約為 Alum 之半，故原水 pH 值降低較少(陳，2000)。而降低加藥劑量亦減少消耗水中之 pH，可見 pH 提高使碳酸鈣、碳酸鎂析出，使其伴隨濁度去除為影響硬度去除之主因。當 pH 提高後，污泥毯濃度大約提高兩倍，此現象可能由於一般混沉所操作之 pH 範圍，氫氧化金屬沉澱物之表面皆帶正電荷(Krasner and Amy, 1995)，而碳酸鈣卻是帶負電之顆粒，兩者電荷相吸引使污泥毯變得非常緻密且穩定，更有利於網除水中濁度。

應用性評估

本實驗設備相近於平底式污泥毯澄清池(Flat bottomed clarifier)。由於將 pH 提高會析出碳酸鈣，造成濁度陡然上升，在實際水場應用時若無法馬上處理濁度，則會造成出流水濁度遽增。並且因為 pH 提高後，污泥濃度大幅升高，必須注意適時的排泥，以免造成短流而破壞污泥毯結構。然而若可克服以上問題，提高 pH 之處理程序，可在減少現行加藥劑量約三分之一以上，並提高處理水量的情況下，仍維持極佳之出流水水質。

結論與建議

結論

1. 進入污泥毯前之膠羽越大，對污泥毯之形成及處理效率較有利。
2. 污泥毯反應槽中，以 PACl 或 Alum 作為混凝劑皆能達良好且相近之濁度及硬度去除效果。

3. 與氫氧化鋁膠羽相比，加入碳酸鈣及碳酸鎂可使污泥毯更加緻密，進而降低出流水濁度。
4. 當進流水中含有 250 mg/L CaCO_3 之硬度時，實驗室設備只需添加 Alum 劑量達到 20 mg/l 即可獲得出流水殘餘濁度符合法規標準。
5. 當進流水中含有 250 mg/L CaCO_3 之硬度時，當操作 pH 至 9.5 時該污泥毯仍有去除濁度效果。

建議

1. 可再研究碳酸鈣鎂對於污泥毯緻密性之影響。
2. 將 pH 提高後將使污泥緻密，故建議實場必須有刮泥，或有效之排泥設備。
3. 可再研究較大規模之污泥毯模場是否有一樣的操作結果。

誌謝

本研究感謝台灣省自來水公司列支經費及運送水樣，及第三區處檢驗室協助分析水質，謹此誌謝。

參考文獻

高雄縣政府環境保護局(2003)，高雄縣政府稿，九十二年四月十日。

陳俊哲(2000)，不同混凝劑對原水濁度去除效能之評估及生物濾床前處理之影響，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。

Schwartz, B. F., Schenkman, N. S., Bruce, J. E., et al. (2002), "Calcium nephrolithiasis: effect of water hardness on urinary electrolytes", *Urology* 60: 23-27.

Lacey, R. F. and Shaper, A. G. (1984), "Changes in Water Hardness and Cardiovascular Death

Rates”, *International J. of Epidemiology*, 13: pp.18-24.

Sauvant, M. P. and Pepin, D. (2000), “Geographic Variation of the Mortality from Cardiovascular Disease and Drinking Water in a French Small Area (*Puy de Dome*)”, *Environmental Research Section A* 84, pp. 219-227.

Letterman, R. D. (1999), “Water Quality and Treatment: a Handbook of Community Water Supply”, *American Water Works Association*, fifth edition, pp. 6.1- 7.87.

Yadav, N. P. and West, J. T. (1975), “The Effect of Delay Time on Floc Blanket Efficiency”, *WRC. Technical Report TR9*.

Gregory D. R. and Patricia C. M. (1986), “Influence of Floc Size Distribution on Clarification”, *Journal AWWA Research and Technology*, pp.75-80.

Sawyer, C. N., McCarty P. E. and Parkin C. F. (1994), “Chemistry For Environmental Engineering”, McGRAW-HILL, Fourth edition, pp. 485-492.

Krasner, S. W. and Amy, G. (1995), “Jar-test Evaluation of Enhanced Coagulation”, *Jour. AWWA*, 87: 10, pp.93-107

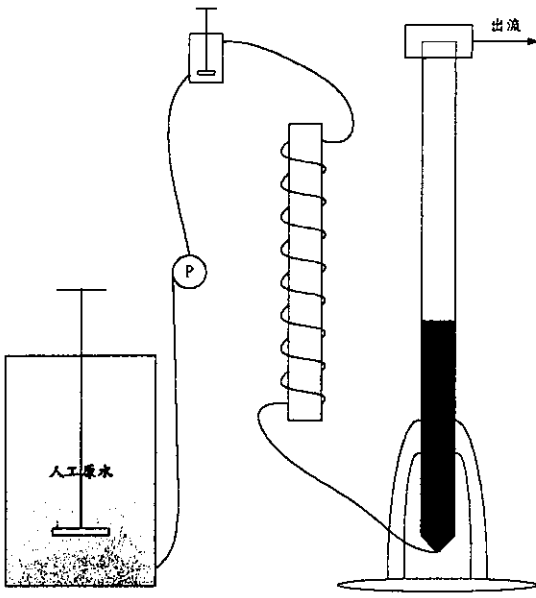


圖 1. 管末膠羽取樣設備

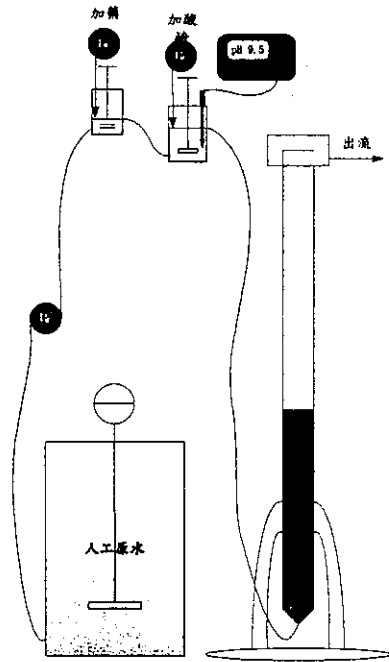
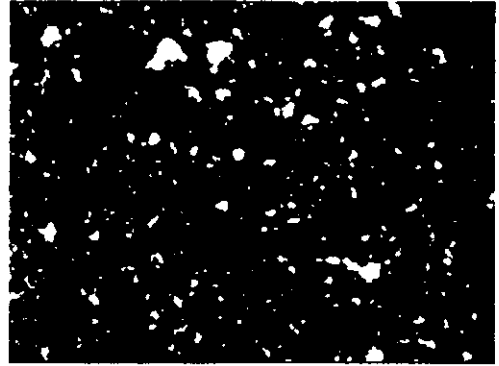


圖 2. 高屏溪原水處理設備

a.



b.

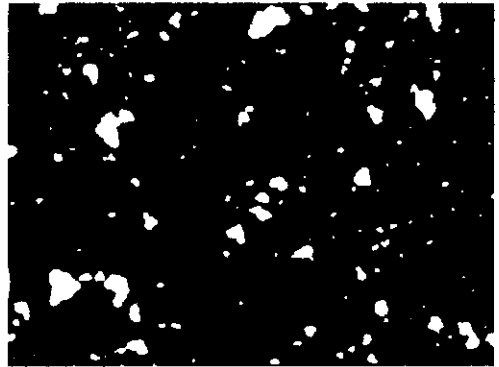


圖 3 不同 T 值之管流末端膠羽
 a. $T=1.9$ min, b. $T=5.7$ min;
 T 為原水於彎管中的停留時間

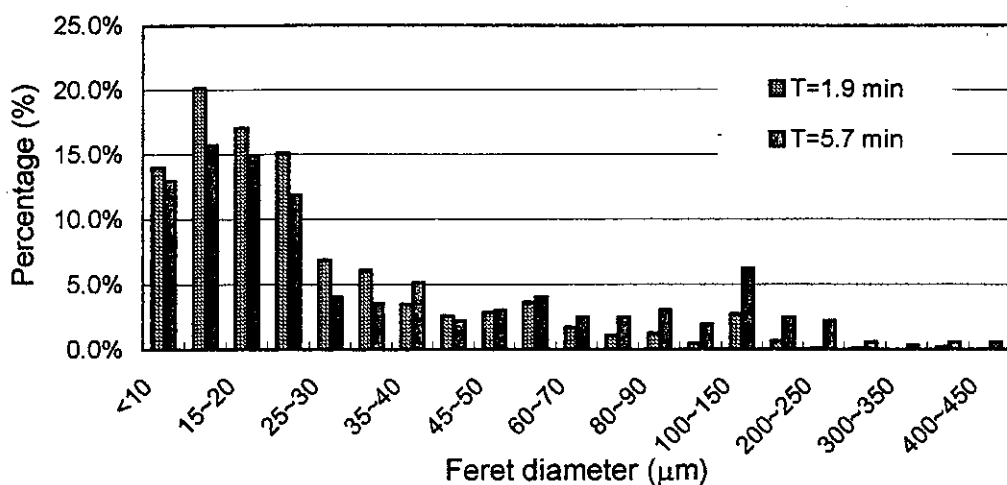


圖 4. 彎管中不同停留時間(T)之管流末端膠羽粒徑分析

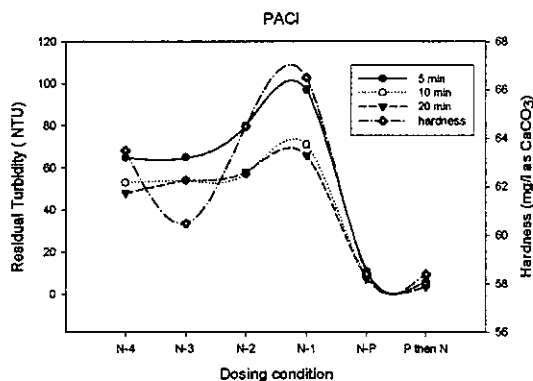


圖 5. PACl 為混凝劑時不同加鹼狀況下對濁度及硬度去除之影響

(N-4: 先加 NaOH 快混 4 min 後再加入 PACl
 N-3: 先加 NaOH 快混 3 min 後再加入 PACl
 N-2: 先加 NaOH 快混 2 min 後再加入 PACl
 N-1: 先加 NaOH 快混 1 min 後再加入 PACl
 N-P: NaOH 與 PACl 同時加入
 P then N: 先加 PACl 再於慢混時加入 NaOH)

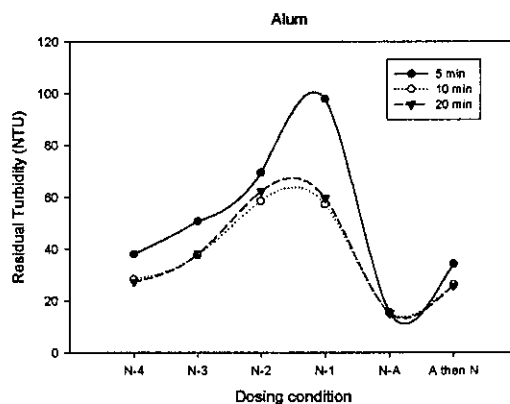


圖 6. Alum 為混凝劑時不同加鹼狀況下對濁度之去除

(N-4: 先加 NaOH 快混 4 min 後再加入 PACl
 N-3: 先加 NaOH 快混 3 min 後再加入 Alum
 N-2: 先加 NaOH 快混 2 min 後再加入 Alum
 N-1: 先加 NaOH 快混 1 min 後再加入 Alum
 N-A: NaOH 與 Alum 同時加入
 A then N: 先加 Alum 再於慢混時加入 NaOH)

表 1. 高屏溪原水水質及經污泥毯澄清池處理後之水質(混凝劑：PACl)

編號	進流條件			硬度 (mg/l as CaCO ₃)	pH	Turb (NTU)	污泥毯平均固體濃度 (%)
	慢混 pH	上流速度 (m/hr)	加藥量 (mg/l)				
W01	高屏溪原水			249	8.25	33.6	*
不控制 pH							
W02	不控制	2.39	50	251	7.75	6.78	18.1%
不同上流速度							
W04	9.5	2.39	50	83	9.26	0.70	30.5%
W05	9.5	2.98	50	78	9.33	0.73	25.4%
W06	9.5	3.58	50	75	9.45	0.64	21.2%
不同加藥量							
W03	9.5	2.39	50	95	9.24	1.09	30.0%
W08	9.5	2.39	40	65	9.53	0.61	29.4%
W09	9.5	2.39	30	70	9.66	0.60	34.7%
不控制 pH							
W10	不控制	2.39	30	215	7.78	5.31	38.9%

表 2. 高屏溪原水水質及經污泥毯澄清池處理後之水質(混凝劑：Alum)

編號	進流條件			硬度 (mg/l as CaCO ₃)	pH	Turb (NTU)	污泥毯平均固體濃度 (%)
	慢混 pH	上流速度 (m/hr)	加藥量 (mg/l)				
S01	高屏溪原水			240	8.25	15.96	-
不控制 pH							
S02	不控制	2.39	60	246	7.69	2.18	22.4%
不同上流速度							
S03	9.5	2.39	60	95.5	9.11	0.96	41.4%
S04	9.5	2.98	60	105	8.98	1.46	28.6%
S05	9.5	3.58	60	91.5	9.07	1.10	24.1%
不同加藥量							
S03	9.5	2.39	60	95.5	9.11	0.96	41.4%
S06	9.5	2.39	50	81.4	9.22	0.63	29.4%
S10	9.5	2.39	40	78.4	9.16	0.95	28.1%
S11	9.5	2.39	30	85.4	9.24	0.63	30.8%
S12	9.5	2.39	20	78.4	9.23	0.83	28.4%
S13	9.5	2.39	10	86.4	9.27	1.28	28.4%
不控制 pH							
S14	不控制	2.39	30	219	7.68	6.01	27.0%

表 2 高屏溪原水水質及經污泥毯澄清池處理後之水質-續 (混凝劑：Alum)

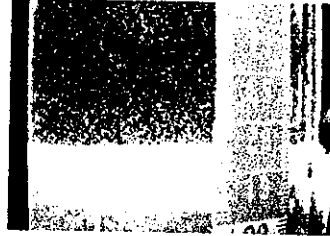
編號	進流條件			硬度 (mg/l as CaCO ₃)	pH	Turb (NTU)	污泥毯平均固體濃度 (%)
	慢混 pH	上流速度 (m/hr)	加藥量 (mg/l)				
污泥毯破壞後重新建立							
S07	9.5	2.39*	40	86.4	9.4	5.52	-
S08	9.5	4.77	20	95.5	9.08	8.20	17.2%
S09	9.5	4.77	50	91.5	9.08	4.44	18.8%
S10	9.5	2.39	40	78.4	9.16	0.95	28.1%

*污泥毯淘漸破壞



圖 7 污泥毯沉降阻塞形成短流

a. pH 不控制



b. pH 9.5

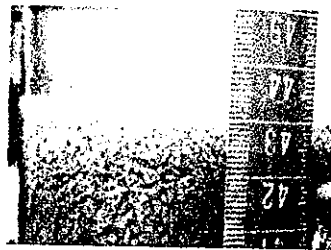


圖 9 pH9 調整前後污泥毯界面變化之比較(混凝劑為 Alum)

a. pH 不控制 (pH 7)



b. pH 9.5



圖 8 pH 調整前後污泥毯界面變化之比較

(混凝劑為 PACI)