

## 粉末活性炭改善傳統化學混凝淨水 處理程序效果之研究

曾迪華\*

### 摘 要

本研究主要以杯瓶試驗模擬傳統化學混凝沈澱處理程序，探討在處理程序中添加粉末活性炭對自來水原水處理效果改善的可行性。試驗結果顯示，粉末活性炭可改善傳統化學混凝沈澱處理程序對有機物（COD）的處理效果，同時隨著粉末活性炭添加量的增加，有機物（COD）的祛除率增加，此外，添加粉末活性炭，對於濁度的祛除效果沒有不良影響，反而有助凝的效果，增加濁度的祛除率。又粉末活性炭於快混時加入，比於慢混時加入，可獲得較佳的有機物（COD）祛除效率，同時粉末活性炭與原水預接觸一段時間，再混凝沈澱，其對ABS的祛除效果隨預接觸時間的增加而增加，但不論粉末活性炭的加入點為何，其均較未添加粉末活性炭者有較佳的COD和ABS祛除率。

### 一、前 言

近年來台灣地區由於工商業的發達和人口成長過速，導致人口和工商業必須向都市郊區擴延，甚至達到河川上游，使得原自來水水源遭受污染。此等受污染之原水，由於含有有機物質，在自來水淨水過程，若先以預氯處理，除增加處理成本外，恐有產生氯衍生物之慮，若以傳統混凝沈澱處理，除增加藥劑使用量提高處理成本，一般而言，仍無法有效地去除有機物<sup>(1)</sup>，而成為自來水處理上之一棘手問題。

最近數年來，因有機物污染水源問題漸受重視，利用活性炭以處理自來水中有機物之技術漸被重視。本研究即擬以粉末活性炭（powdered activated carbon），於實驗室進行回分式杯瓶實驗，以探討在儘可能不改變現有淨水處理設備和處理流程時，粉末活性炭對原水處理效果改善的可行性。

---

\*國立中央大學土木工程學研究所副教授

## 三、粉末活性碳在淨水工程的應用

粉末活性碳的應用，在歐洲的國家已有將近三十年的歷史，在早期主要用於控制藻類所產生的臭味問題，近年來，由於河水遭受有機物和氨氮的污染，當加氯以去除氨氮時，將產生嚴重的臭味問題，同時，有些有機物亦會產生臭味或影響處理程序，因此在法國，首先利用價格便宜，容易操作的粉末活性碳以控制前述問題。

根據法國的操作經驗，粉末活性碳可加入於傳統淨水處理程序之快混池，或在沈澱池之後，不過其亦發現，同時在快混池和沈澱池之後加入粉末活性碳，可得到更經濟的處理效果。目前粉末活性碳在法國仍是相當普遍的使用，對於去除處理水中，因含有低濃度有機物和氨氮所產生的臭味，相當有效，即使在原水突然遭受短期突增有機物污染時，粉末活性碳添加劑量於短期內高達  $100\text{mg}/\ell$ ，仍是經濟有效。此外，在一設計和操作良好的混凝沈澱程序，使用粉末活性碳，當其加量在  $20$  至  $30\text{mg}/\ell$  時，可減少大約  $60\%$  的總溶解有機物<sup>(2)</sup>。

又根據英國的操作經驗指出，在淨水處理程序中添加粉末活性碳，不僅可以減少處理水的臭味，同時可以改善沈澱池的澄清作用，降低進入過濾池的固體負荷。此外粉末活性碳大都依季節水質的變化情形，間歇式 (intermittent) 添加，一年中大約僅有  $3$  至  $4$  個月，而添加劑量通常在  $5$  至  $25\text{mg}/\ell$  範圍。若僅比較材料費用，粉末活性碳每年使用  $3$  個月，添加劑量為  $40\text{mg}/\ell$ ，其所需費用與一兩年壽命的粒狀活性碳柱床相等<sup>(3)</sup>。

近些年來，以粉末活性碳處理 THMs 亦受到相當的重視，Love<sup>(4)</sup> 指出以  $100\text{mg}/\ell$  粉末活性碳，約可減少  $50\%$  鹵仿 (haloforms)，然而 Rook<sup>(5)</sup> 報導僅需  $20\text{mg}/\ell$  粉末活性碳即可。Hoehn<sup>(6)</sup> 等人利用粉末活性碳 (PAC)，分別採用下列兩種處理方式：

1. PAC前處理：PAC接觸30分鐘 (pH7.9) + 混凝/膠凝/沈澱 +  $10\text{mg}/\ell$   $\text{Cl}_2$ 。
2. PAC後處理： $10\text{mg}/\ell$   $\text{Cl}_2$  30分鐘 + 混凝/膠凝/沈澱 + PAC接觸30分鐘 (pH6.7)。

處理含  $3\text{mg}/\ell$  腐植酸原水，實驗結果顯示以上兩種處理方式，均可獲得良好的處理效果，最佳 PAC 加量均在  $50\text{mg}/\ell$ ，不過其中以 PAC 後處理的結果較佳，此可能是由於初期鹵仿反應不完全，一些先趨物質已經混凝/膠凝/沈澱去除了，致使其 THM 生成量較低，故再以 PAC 處理，其效果較佳。

Anderson<sup>(7)</sup> 等人在 Kanawha Valley 淨水廠，以粉末活性碳做實廠操作研究，其結

果指出，當粉末活性碳加量為 21.6mg/l 時，可降低 56.3% THM，和 54% TOC。

綜合上述，粉末活性碳應用在臭味和微量有機物的去除可有下列的優點：

1. 現有設備和處理流程不需改變。
  2. 添加量可隨水質變化而異。
  3. 在原文水水質季節性變化大時，於水質惡化期間採用粉末活性碳，可立即控制問題。
- 不過，由於粉末活性碳無法再生，若需要量大時，將不經濟，且所產生的污泥量將會增加，而增加其後續處理與處置費用。

### 三、實驗設備與方法

#### 1. 實驗設備及材料

本研究所使用的儀器及設備主要如下：

- (1) 氣體層析儀 ( G.C. , Perkin Elmer 製 , Sigma 3B 型 ) 。
- (2) Purge & Trap 沖提儀 ( Tekmar LSC-2 型 ) 。
- (3) 氣相分離管 ( 3% SP 1000 on Supelcop 6' × 2 mm ID glass, Supelcop 公司製 ) 。
- (4) 積分儀 ( SIC Chromatocorder 11 型 , System Instruments Co. Ltd. ) 。
- (5) 紫外光—可見光分光光度儀 ( SP 8-300 UV/VIS Spectrophotometer, PYE UNICAM 製 ) 。
- (6) 濁度計 ( HACH Model 2100 A ) 。
- (7) pH 測計 ( Kent, pH meter 7020 型 ) 。
- (8) 杯瓶試驗機 ( Jar tester, Phipps & Bird ) , 攪拌葉片長 7.6 cm , 寬 2.5 cm , 轉速介於 0 ~ 100 rpm , 並附有膠羽顯示燈 。

本研究所使用的藥劑和材料主要如下：

- (1) 粉末活性碳，共計有兩種包括：
  - (a) CAP-60 ( 台製 ) , 粒徑 260 ~ 270 mesh 。
  - (b) PW ( 日製 ) , 粒徑 100 mesh 以下 。
- (2) 混凝劑，包括硫酸鋁、氯化鐵及多元氯化鋁 ( PAC ) 。
- (3) 次氯酸鈉溶液 ( 日本 Wako 化學公司製 ) 。
- (4) THMs 標準液 ( Supelco 製 ) 。
- (5) 各式量瓶、採樣瓶、微量注射針 。
- (6) 0.45 μm 濾紙 ( Millipore 製 ) 。

## 2. 實驗操作方法

### 2-1 杯瓶試驗

於六堵淨水廠水質檢驗室，採取原水並以杯瓶試驗機，進行實驗操作。主要探討活性碳種類、活性碳加量、加入地點、接觸時間、混凝劑種類、混凝劑加量、預加氯處理等因子對於處理效果的影響。杯瓶實驗的操作步驟為快混 1 分鐘（轉速 100 rpm），慢混 30 分鐘（轉速 30 rpm），沈澱 30 分鐘，然後取其上澄液分析處理水質。

### 2-2 等溫振盪及吸附實驗

將六堵淨水廠原水携回中大環工實驗室，水樣先經一般濾紙過濾，調整水樣 ABC 含量至約  $2\text{mg}/\ell$ （在研究期間，原水中因 ABS 濃度甚低，故調整至高污染情況，以便觀測其被粉末活性碳吸附的效果），然後將不同劑量的粉末活性碳，分別為 0, 5, 10, 20, 30 和 50 mg，置入 1 公升原水水樣中，在室溫情況下，以杯瓶試驗機轉速為 100 rpm，連續攪拌振盪 24 小時後，水樣再經  $0.45\ \mu\text{m}$  濾紙過濾，最後分析過濾液 ABS 和 THMFP 或 THM 濃度。本實驗主要為了解粉末活性碳對 ABS 和 THMFP 或 THM 的吸附效果及吸附容量（Adsorption capacity）。

### 2-3 等溫動力吸附實驗

本實驗的方法與上述等溫振盪吸附實驗的方法相似，惟粉末活性碳的添加量固定為  $20\text{mg}/\ell$ 。當水樣與粉末活性碳接觸後，分別在不同的接觸時間，分析水樣中殘留的 ABS 和 THMFP 濃度，以瞭解粉末活性碳對於 ABS 及 THMFP 的吸附速率，並由此可解釋活性碳吸附 ABS 及 THMFP 的能力與現象。

## 3. 實驗分析項目及方法

主要水質分析項目包括濁度、化學需氧量（COD）， $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ， $\text{NO}_2^--\text{N}$ ， $\text{NO}_3^--\text{N}$ ，餘氯，三鹵甲烷（THM），三鹵甲烷生成潛能（THMFP），陰性界面活性劑（ABS）等，上述各水質分析項目及其分析方法綜合示如表 1。

## 四結果與討論

### 1. 粉末活性碳種類的影響

本研究共計選用兩種粉末活性碳進行研究，經初步試驗結果顯示，以活性碳 a 和活性碳 b，在相同的原水水質條件下，兩者之處理效果相差不多，不過其中以活性碳 a 處理效果優於活性碳 b 的機會較多，這可能是因活性碳 a 的粒徑較小，致表面積較大，吸附效果較佳<sup>(9)</sup>。本研究在後續實驗選用活性碳 a（CAP-60）。

### 2. 混凝劑種類的影響

在探討混凝劑種類對濁度和有機物去除效果之影響時，分別以鐵鹽（氯化鐵）、鋁

鹽（硫酸鋁）和多元氯化鋁（PAC）為混凝劑，在不調整原水之pH值的條件下進行實驗。結果顯示不論原水水質條件如何，在各種實驗狀況下，均以PAC可獲得最佳的濁度和COD去除效率，再其次為鋁鹽，最差的為鐵鹽<sup>(9)</sup>。

上述鐵鹽和鋁鹽混凝劑處理效果較差的原因：一是可能因本實驗的pH值並非為鐵鹽和鋁鹽的最佳pH值範圍，根據文獻指出，一般鐵鹽和鋁鹽混凝劑，其最佳處理效果大多發生在偏酸性範圍，例如鋁鹽為pH=5~6，鐵鹽為pH=4~5<sup>(1)</sup>；二是可能在相同的原水水質條件下，鋁鹽和鐵鹽混凝劑量需較PAC為大，方可達到相同的處理效果。

綜合本研究的初步結果，因PAC可在不需預先調整原水的pH，和在較低的劑量下達到良好的處理效果，故選用PAC為後續試驗所使用的混凝劑。

### 3. 混凝劑加量的影響

由本研究初步探討的結果顯示，在各種不同原水水質狀況時，添加不同混凝劑量，所得到濁度和有機物（COD）的去除效率均不相同。為了進一步瞭解在同一原水水質狀況時，混凝劑（PAC）添加劑量的影響，則分別重覆進行了兩組試驗。

由圖1可以明顯的看出，在原水濁度為6.9 NTU和有機物（COD）為15.91 mg/ℓ時，最佳的混凝劑添加劑量為15 mg/ℓ，而且不論是否同時添加粉末活性碳，在各不同混凝劑添加量時，其濁度去除率均大約相同。不過，對於有機物而言，在未添加粉末活性碳時，有機物（COD）的去除率隨混凝劑添加劑量的增加而增加，但其去除率，不論在何種混凝劑量時，均沒有濁度的去除率大。顯然的，以傳統混凝沈澱方法處理自來水，其主要的功能仍是對濁度的去除較為有效。

表1 水質分析項目及方法

項目	單位	分析 法 *	儀 器
溫度	°C		溫度計
pH		電極測定	pH meter
濁度	NTU	Nephelometric Method	濁度計
COD	mg/ℓ	Dichromate Reflux Method	
NH <sub>3</sub> -H	mg/ℓ as N	Direct Nesslerization Method	分光光度計
NO <sub>2</sub> -N	μg/ℓ as N	Griess-Ilosvay diazotization Method	分光光度計
NO <sub>3</sub> -N	mg/ℓ as N	Chromotropic Acid Method	分光光度計
氯量	mg/ℓ	DPD Titration Method	
ABS	mg/ℓ	Methylene Blue Method	分光光度儀
THM	μg/ℓ	Purge & Trap Method	沖提儀,G.C.

\* 分析方法根據APHA、16版、標準水質檢驗法<sup>(8)</sup>

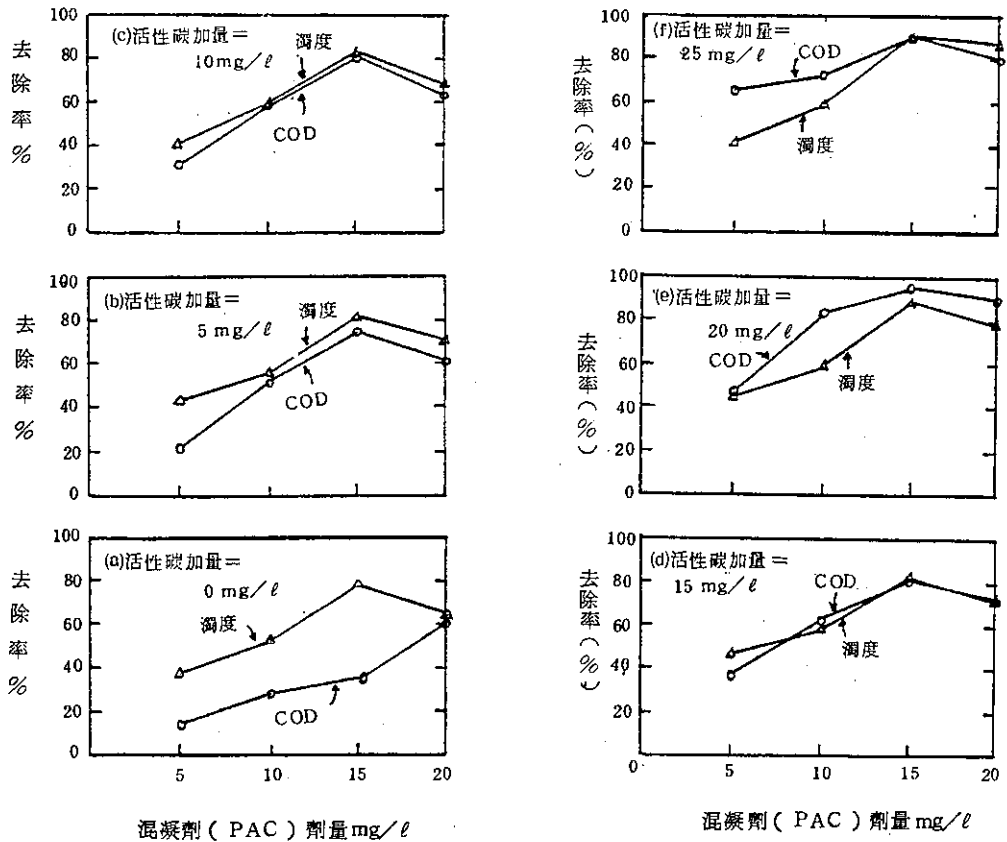


圖 1 混凝劑添加劑量對濁度和有機物去除率的影響  
(原水濁度 6.9 NTU, COD 15.91 mg/l)

同樣地，由圖 2 亦可看出，在原水濁度為 7.1 NTU 和有機物 (COD) 為 9.66 mg/l 時，最佳的混凝劑添加量在 15 和 20 mg/l 之範圍內。但在此值得注意的，在各不同混凝劑添加量時，濁度的去除率均隨粉末活性炭添加量的增加而增加，顯然粉末活性炭有助凝的現象，此與英國實廠的報導相同<sup>(3)</sup>。另外，在混凝沈澱時，未添加粉末活性炭的情況下，不論混凝劑劑量為何，仍然是濁度的去除率大於有機物的去除率，故明顯的可以知道，水中許多溶解性的有機物無法以傳統的混凝沈澱方法去除之。

以上圖 1 和圖 2 的結果，其原水濁度並不高，故混凝劑添加劑量，在大約 15 mg/l 左右即可達到很好的濁度去除效果，而事實上原水濁度隨季節和雨量變化很大，因此針對濁度而言，其最佳混凝劑 (PAC) 添加量將隨原水濁度而變化。因此本研究根據六塔淨水廠實際原水，在不同日期進行杯瓶試驗，以瞭解原水濁度和混凝劑 (PAC) 添加劑量間之關係，其結果如圖 3 所示，由此可知當原水中濁度愈高，所需之混凝劑添加量也愈多，水中濁度與混凝劑 (PAC) 添加量的關係可以下式表示：

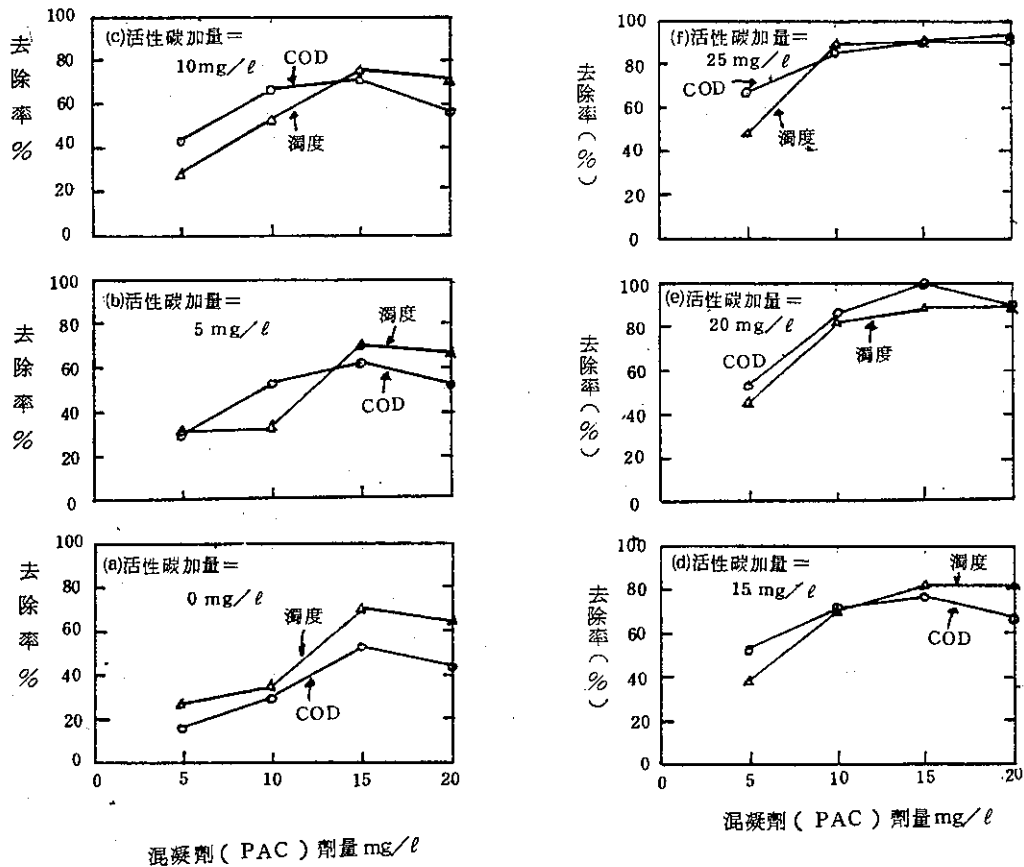


圖 2 混凝劑添加劑量對濁度和有機物去除率的影響  
(原水濁度 7.1 NTU, COD 9.66 mg/l)

$$Y = 9.088 X^{0.456}$$

式中 X：原水濁度 (NTU)

Y：混凝劑 (PAC) 添加量 (mg/l)

雖然從上式的關係，可以推導出在各種不同原水水質狀況時，其最佳的混凝劑添加量，但在實廠操作時，實際的混凝劑添加量，基於操作和成本的關係，常維持在一定的範圍。檢視本研究的試驗結果，例如在高濁度原水時（76年2月27日，原水濁度為57 NTU），當混凝劑添加量在30 mg/l以上時，殘餘濁度即可減少至2 NTU以下；而在低濁度原水時（76年3月2日，原水濁度為8.8 NTU），混凝劑添加量在15 mg/l以上時，殘餘濁度亦可維持在2 NTU以下，故實廠操作時，混凝劑 (PAC) 實際添加量並不需要如最佳混凝劑添加量那樣高。

由於傳統混凝沈澱對於有機物的去除效果不佳，即使提高混凝劑的添加劑量，有機

物的去除仍是有限，因此混凝劑主要的功能是在去除原水中的濁度。根據本研究針對六堵淨水廠實際原水，進行杯瓶試驗操作的經驗，不論是否同時添加粉末活性碳，大多數的水樣在混凝劑 PAC 添加量為 15~20mg/ℓ 左右，即可得到一相當良好的濁度去除效果。

#### 4. 粉末活性碳加量的影響

本研究初步試驗的結果發現，在各種不同原水水質狀況時，以各種不同組合的混凝劑和粉末活性碳添加劑量，在許多情況，可得到有機物 (COD) 較濁度為佳的去除效果。顯然地，即使混

凝劑因劑量不足，混凝效果不好，致濁度去除率低，但因添加了粉末活性碳，可吸附溶解性有機物，而使得有機物 (COD) 的去除率往往大於濁度的去除率，故為了改善傳統混凝沈澱處理程序對有機物的處理效果，添加粉末活性碳實有其意義。

對於同一原水水樣，在不同粉末活性碳添加量時，其處理效果的情形，亦可由圖 1 和圖 2 的結果得知。大致而言，粉末活性碳的添加量愈大，有機物 (COD) 的去除率愈大，此與文獻中的報導<sup>(4)(5)(6)</sup>相符合。

#### 5. 粉末活性碳加入點的影響

本研究初步實驗的結果顯示，粉末活性碳不論在快混時加入或在慢混時加入，都能有效地去除有機物和濁度，為了進一步比較，在同一原水水質情況下，未添加粉末活性碳，和分別在快混時及慢混時添加粉末活性碳，其處理效果的差異，特以一六堵淨水廠實際原水水樣進行試驗，其結果如表 2。由表中資料顯示，不論添加粉末活性碳與否，對於濁度而言，其去除效果均都相差不多，不過由於原水濁度高達 36NTU，故混凝劑 PAC 添加量為 20mg/ℓ 時，較添加量為 15mg/ℓ 時為佳；此外，除添加 20mg/ℓ PAC 混凝劑外，同時添加 20mg/ℓ 粉末活性碳，可較僅單獨添加 20mg/ℓ PAC 混凝劑，獲得較低的殘餘濁度，此結果與前節所討論的結果相似，亦即粉末活性碳有助凝的效果。

對於有機物的處理效果而言，如前所述，未添加粉末活性碳，則有機物的去除量有

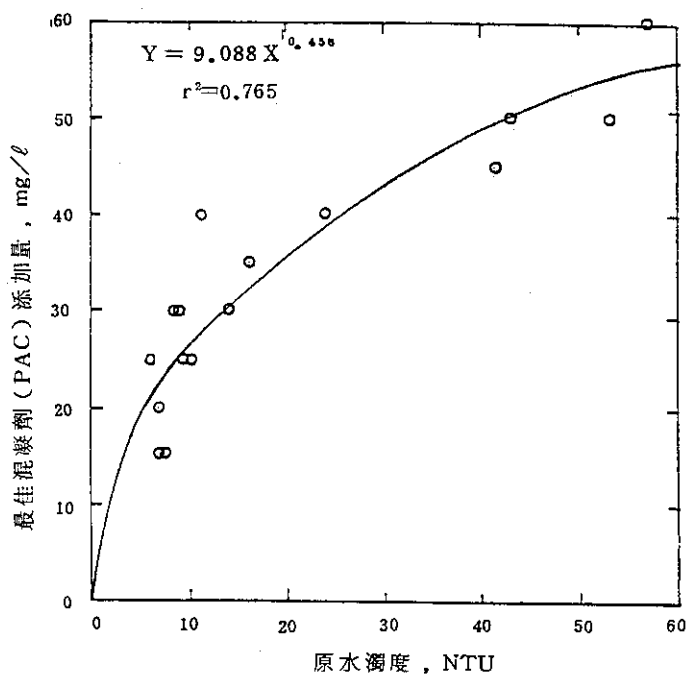


圖 3 六堵淨水廠原水濁度與最佳混凝劑量間之關係

限，當添加粉末活性碳時，則可顯著的增加有機物的去除率。此外，如表 2 所示，快混時即加入粉末活性碳，其對有機物（COD）的處理效果，較慢混時才加入粉末活性碳為佳，此因快混時就加入粉末活性碳，使得有機物與活性碳有較長的接觸時間，同時快混時因水流擾動較激烈，可增加有機物傳送至活性碳表面的質量傳送速率。

表 2 粉末活性碳加入點不同對處理效果的影響

活性碳加量, mg/ℓ	20	20	20	20	0	0
PAC 加量, mg/ℓ	15	20	15	20	15	20
活性碳加入點	快混	快混	慢混	慢混	-	-
處理水 pH	6.9	7.0	7.0	6.9	6.9	6.9
濁度, NTU	7.9	2.4	7.8	2.2	7.1	3.6
濁度去除率, %	78.1	93.3	78.3	93.9	80.3	90.0
COD, mg/ℓ	0.424	2.12	2,968	3,816	6,784	5,088
COD 去除率, %	93.75	68.75	56.25	43.75	0	25

註：原水 COD = 6.784mg/ℓ；濁度 = 36 NTU

#### 6. 預接觸時間長短對處理效果的影響

由前節的結果顯示，不論粉末活性碳於快混或慢混階段，添加入處理程序，對於濁度和有機物（COD）均有良好的去除效果，不過其中以快混時加入粉末活性碳，可獲得較佳的有機物（COD）去除效率。因此若粉末活性碳加入點改在快混池（混凝劑及預氯加入點）之前一段距離，是否可獲得更佳的處理效果，乃值得更進一步的研究。

理論上，活性碳吸附有機物的速率，若是受到化學反應速率的限制，則增加活性碳與有機物的接觸時間，將可增加有機物被活性碳吸附去除的效果。然而，因一般自來水原水中有機物的濃度皆在微量範圍，因此活性碳吸附有機物的速率，有時是受質量傳遞速率的影響。當然還有許多其他的因素會影響活性碳吸附有機物的效果，例如：pH 值、有機物的種類與性質，和活性碳本身的種類與性質等。

本研究經多次重覆試驗（但水樣因係實際原水，故每次試驗時，其性質皆不一樣），在快混前使水樣與粉末活性碳預接觸一段時間，以模擬粉末活性碳加入點改在快混池之前一段距離，結果發現，有機物（COD）經與活性碳預接觸後，再經混凝沈澱處理程序，其去除效果並不一定隨接觸時間延長，而有較佳的去除效果。

圖 4 所示為本研究之其中一組試驗的結果，由此可知濁度和 A B S 的去除率大致隨預接觸時間愈長，去除效果愈佳，而 C O D 並沒有很規則的隨預接觸時間延長，而增加

其去除率。不過不論如何，本組試驗的結果均顯示，無論在混凝操作之前預先加入粉末活性碳與原水接觸一段時間，或在混凝操作之同時加入粉末活性碳，對於水中之有機物（COD）和ABS均可達到相當良好的去除效果。

### 7. 陰性界面活性劑（ABS）和三鹵

#### 甲烷的去除效果

由前面試驗的結果，可以明顯地得知，添加粉末活性碳於傳統化學混凝沈澱處理程序，可改善有機物（以COD表示）的處理效果，此外，又由前節圖4的結果顯示，添加粉末活性碳，對於ABS而言，其去除率可達95%以上，而文獻中指出，若僅以傳統的化學混凝沈澱方式處理ABS，幾乎沒有處理效果(10)。

爲了瞭解何以粉末活性碳對於ABS有如此好的處理效果，同時當ABS和其他有機物，例如三鹵甲烷的先驅物（以三鹵甲烷生成潛能，THMFP表示），同時存在時，其處理效果如何，乃值得進一步探討。

圖5所示爲本研究之其中一組等溫吸附試驗的結果，由此可以看出，當活性碳添加量增加時，ABS在水中的濃度則顯著地減少，至於THMFP的濃度則隨活性碳添加量呈現不規則的變化。

若原水先預加氯接觸後，再進行等溫吸附試驗，則其中一組試驗結果如圖6所示，同樣地，ABS的濃度亦隨活性碳加量的增加而減少，此外因預加氯所生成的THM，則亦隨活性碳加量增加而呈不規則變化的趨勢。

觀察本研究的資料，可以肯定粉末活性碳對於ABS有明顯地吸附作用，但對於三鹵甲烷先驅物和三鹵甲烷，其吸附效果可能受原水水質狀況及其他操作因素影響而效果不佳。此外，若將本研究中各組等溫吸附試驗之有關ABS的資料點，依Freundlich吸附模式的關係，繪於一雙對數座標紙上，可得一線性的關係式，其結果如圖7所示。若不考慮原水水質在各組試驗時其條件不同之因素，則圖7可勉強將有預氯處理和未預氯處

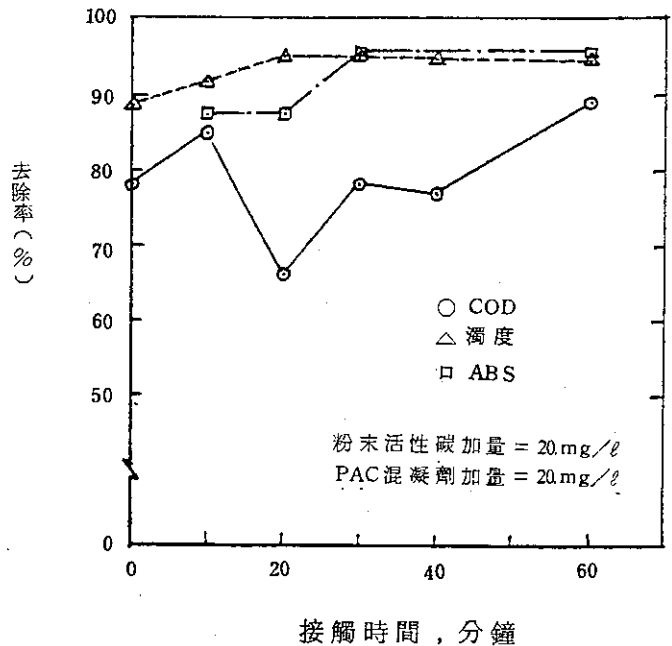


圖4 預接觸時間對COD，濁度和ABS去除率的影響（原水COD = 18.8 mg/l，濁度 = 52 NTU，ABS = 2.4 mg/l）

理的兩組資料分別加以迴歸。比較圖中兩迴歸後之直線，當原水中ABS濃度較高時，則預氯處理之活性碳對ABS的吸附容量較小，此可能因預加氯造成活性碳對餘氯及所造成THM有吸附的作用，而減少了活性碳對ABS的吸附容量，但原水ABS濃度在較小的範圍內，則預氯處理後反而活性碳對ABS的吸附容量較大，此可能因在低ABS濃度時，活性碳吸附ABS的容量不受餘氯和THM競爭吸附的影響。實際上，檢視實驗的資料可以發現，在低濃度ABS時，不論預氯處理與否，活性碳對ABS之吸附容量相差不多，但在較高濃度ABS時，則預氯處理明顯地會降低ABS的吸附容量。

根據本試驗的結果，單獨以粉末活性碳與原水接觸，則藉著吸附作用即可有效的去除水中的ABS，至於THMFP和THM，其被活性碳吸附的效果隨原水採得日期不同，有很大的差異，不過，一般而言，吸附效果並不明顯。此外，由預氯與未預處理的結果比較來看，不論預氯與否，ABS均能有效的被活性碳吸附，不過若考慮活性碳吸附容量，則建議在使用活性碳時，不要採用預氯處理，以避免餘氯和可能生成之THM與ABS產生競爭吸附，而降低了活性碳對ABS的吸附容量。

雖然從前述等溫吸附試驗，證實活性碳對ABS的吸附效果，但其吸附反應的速率如何，則需進一步的探討。本研究以20 mg/l粉末活性碳，分別和三組不同原水接觸，進行吸附動力試驗，其中一組結果

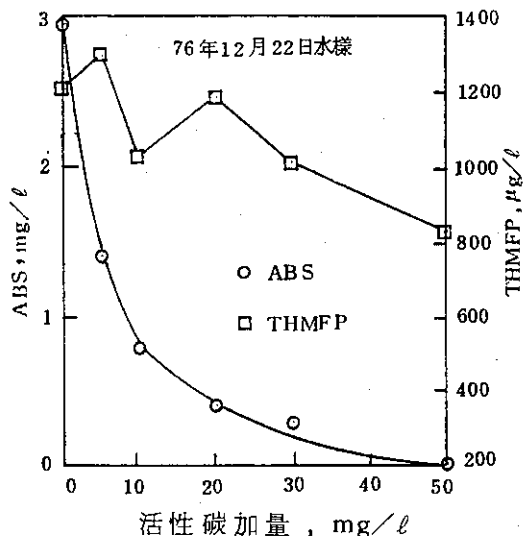


圖5 活性碳加量對ABS和THMFP處理效果的影響

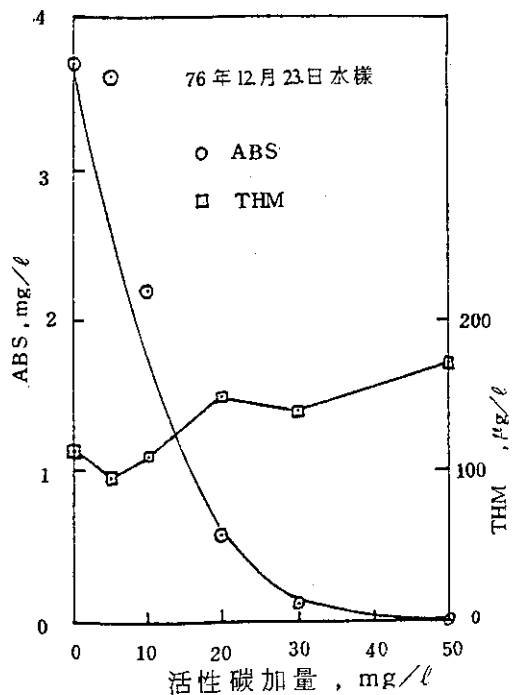


圖6 預加氯後活性碳加量對ABS和THM處理效果的影響

示如圖 8。由本研究結果可以發現，活性碳對於 ABS 的吸附反應速率相當的快，在吸附反應初期，瞬間即可去除大部份的 ABS，且在前 30 分鐘內，大約可吸附 80% 的 ABS，但對於 THMFPP 而言，其隨反應時間之吸附效果因水樣不同而有很大的差異。

### 五、結論與建議

本研究以六堵淨水廠實際原水為對象，探討在不改變現有之傳統化學混凝處理程序時，添加粉末活性碳對於淨水水質改善的效果，經由實驗室之杯瓶實驗，獲致以下的結論與建議：

1. 本研究所選用的兩種粉末活性碳，對有機物 (COD) 的處理效果相差不多，但其中以 CAP-60 粉末活性碳處理效果優於 PW 粉末活性碳的機會較多。
2. 混凝劑以多元氯化鋁 (PAC)，較鋁鹽和鐵鹽的處理效果為佳，主要因鋁鹽和鐵鹽混凝劑需在微酸性 pH 值，對有機物才會有較佳的處理效果。
3. 混凝劑的添加劑量影響原水中濁度的祛除效果，以六堵淨水廠實際原水為例，其水中濁度與最佳混凝劑 PAC 添加量的關係式為：

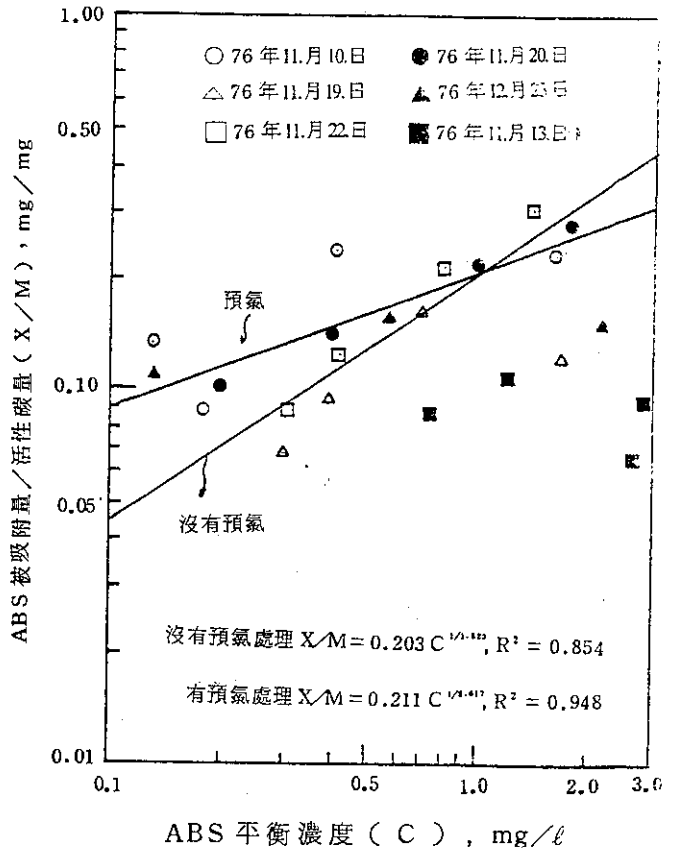


圖 7 ABS 等溫吸附試驗結果

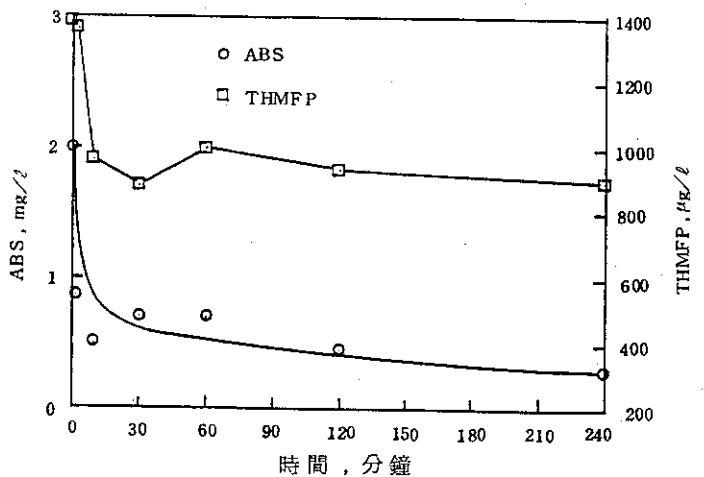


圖 8 ABS 和 THMFPP 之動力吸附試驗結果 (76 年 12 月 28 日水樣)

$$y = 9.088 x^{0.456}, r^2 = 0.765$$

式中  $x$  : 原水濁度, NTU

$y$  : PAC最佳添加劑量, mg/ℓ

4. 傳統的化學混凝沈澱處理方式僅能有效地祛除原水中之濁度, 對於有機物而言, 其處理效果有限, 即使增加混凝劑量, 有機物的祛除率增加不多。
5. 粉末活性碳可改善傳統化學混凝沈澱淨水處理程序對有機物的處理效果, 同時隨著粉末活性碳添加量的增加, 有機物的祛除率增加。
6. 添加粉末活性碳於傳統淨水處理程序, 對於濁度的去除效果沒有不良影響, 反而有助凝的效果, 增加濁度的祛除率。
7. 杯瓶實驗的結果顯示, 粉末活性碳於快混時加入, 比於慢混時加入, 可獲得較佳的有機物 (COD) 祛除效率, 同時粉末活性碳於快混池之前一段距離加入, 亦即粉末活性碳與原水預接觸一段時間, 再混凝沈澱, 其對ABS的祛除效果隨預接觸時間的增加而增加, 但不論粉末活性碳的加入點為何, 其均較未添加粉末活性碳時有較佳的COD和ABS祛除率。
8. ABS的祛除機構主要是藉活性碳的吸附作用, 而化學混凝作用對ABS而言, 幾乎沒有效果, 此外活性碳對ABS吸附反應速率相當快, 當水中ABS濃度為2至3 mg/ℓ時, 添加20mg/ℓ粉末活性碳, 接觸時間在10分鐘以內, 即可去除大約80%以上的ABS。
9. 本研究中活性碳對於THMFP和THM的吸附效果並不理想, 實驗結果顯示THMFP和THM的濃度並未隨活性碳加量或接觸時間的增加, 呈規則的(遞減)變化。
10. 原水預氯處理並不會顯著的影響活性碳對ABS的吸附祛除效果, 由等溫振盪吸附試驗所獲得之吸附模式顯示, 水中ABS濃度大於1.0mg/ℓ以上時, 原水未預氯處理, 活性碳對ABS的吸附容量較有預氯處理時為大, 此顯示水中餘氯或其他有機物, 在ABS濃度高時, 會與ABS產生競爭吸附的現象, 而在ABS濃度低時, 則不會有此現象。
11. 由於影響吸附效果的因素甚多, 包括pH值、接觸時間、活性碳性質等, 而本研究係在中性pH值範圍操作, 故建議未來能繼續探討在不同pH值時, 活性碳對THMFP和THM的吸附效果。

## 六、誌 謝

本研究承蒙台灣省自來水公司提供研究經費, 研究期間並獲六堵淨水廠提供實驗場所, 另本所應堅聖、吳昭宏兩位研究生及翟寶璇研究助理, 協助實驗分析工作, 使得本

研究得以順利完成，特此誌謝。

## 七、參考文獻

1. "Organic Removal by Coagulation: A Review and Research Needs", J. AWWA, 588 (1979).
2. Schulhof, P., "An Evolutionary Approach to Activated Carbon Treatment", J. AWWA, 648 (1979).
3. Hayes, C.R. and Whitford, C.J., "The Use of Activated Carbon in Water Treatment", Effluent and Water Treatment Journal, 9, (1982).
4. Love, O.T., et. al., "Treatment for the Prevention of Removal of Trihalomethanes in Drinking Water", Appendix 3 in Interim Treatment Guide for the Control of Chloroform and Other Trihalomethanes, by J.M. Symons, Water Supply Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. EPA, (1976).
5. Rook, J.J., "Haloforms in Drinking Water", J. AWWA. 168 (1976).
6. Hoehn, R.C., et al., "Chlorination and Water Treatment for Minimizing Trihalomethanes in Drinking Water", in Water Chlorination: Environmental Impact and Health Effect, Vol. II. Ann Arbor Science, (1977).
7. Anderson, M.C., et al., "Controlling Trihalomethanes With Powdered Activated Carbons", J. AWWA, 432 (1981).
8. APHA, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 16th Ed., (1985).
9. 曾迪華，「活性碳處理自來水原水中有機物之研究」，國立中央大學土木工程學研究所研究報告，民國77年4月。
10. 蔣本基等人，「台北市公共給水源中有害物質調查及處理技術研究」，國立台灣大學環境工程研究所，環境工程研究報告No.98，民國74年3月。