

自來水原水預先處理最佳經濟評估

歐陽嶠暉* 陳國宏** 萬騰州***

摘 要

本文係就受污染之自來水原水以旋轉生物圓盤法及生物接觸曝氣法處理時，其建設費、操作費、用地面積、操作穩定性及可靠性等加以評估比較其特性。

經以原水水質氨氮濃度設定為 $2 \text{ mg}/\ell$ 為處理對象，處理至合乎乙類公共給水原水氨氮濃度 $0.3 \text{ mg}/\ell$ 為目標值。依據前實驗結果，旋轉生物圓盤法以 $320 \ell/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，生物接觸曝氣法以 $15\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 為設計基準，比較在各不同處理規模 $10,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $30,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 及 $50,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 之處理水量下，旋轉生物圓盤法比生物接觸曝氣法之建設費較省，操作費較低、用地較小，且操作穩定性及可靠性皆較佳，惟受氣溫影響可能稍大但應無大碍之結論。

一、前 言

自來水原水受污染問題不僅使水質變壞產生臭味，且會造成淨水處理的困擾，使得濾床阻塞、濾程縮短等，直接或間接造成水處理成本的增加⁽¹⁾。而國內水廠大多採用預氯處理，雖可將氨氮去除，然原水中大量有機物，有可能與氯反應，產生三鹵甲烷之致癌性物質⁽¹⁾⁽²⁾。根據調查顯示，本省部份地區自來水中含有三鹵甲烷，甚有超過標準者。若原水直接以混凝沉澱處理，除增加藥劑使用量，提高處理成本外，仍無法完全去除臭味，造成淨水處理上之一棘手問題，故不論為了減輕淨水處理困擾抑或降低三鹵甲烷的生成，受污染之原水的預先處理已是不可或缺的。

本研究為探討自來水原水之生物處理技術，經於前兩年在六堵自來水淨水場，以受

* 國立中央大學土木工程學研究所教授

** 開元工程顧問公司總經理

*** 國立中央大學土木工程學研究所博士班研究生

污染之基隆河自來水原水，進行「生物接觸曝氣法預先處理自來水原水之可行性研究」及「生物氧化法處理污染源之研究」兩專題研究結果，獲致甚為具體的研究結果，已可做為探討其實用化之成效。

本研究擬就上述實驗研究結果，進行應用化設計規範之研討，並各就其經濟性、操作狀況、用地大小等詳加比較，以獲致實用化之結論，提供設計選擇及應用之依據。

三、原水以生物處理法預先處理之特性

依據前兩年在六堵自來水淨水場，以旋轉生物圓盤法及生物接觸曝氣法，在實地以模廠進行原水生物處理實驗結果，獲致結論歸納如下之特性：

2. 1. 生物接觸曝氣法處理特性(3)

1. 依據實驗在各種流量負荷下，原水氨氮、BOD、COD及濁度之去除率如圖 2. 1。

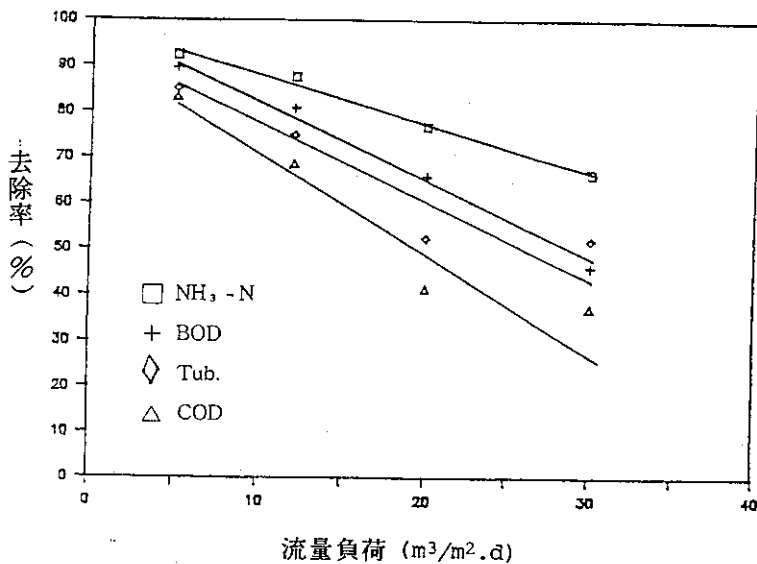


圖 2-1 生物接觸曝氣法流量負荷與去除率之關係

2. 根據實驗，以接觸曝氣法做為預先處理時，處理水水質可大幅提升，減低後續淨水處理的操作負荷，可達到減少預氣量、混凝劑添加量及污泥產生量之三大目的。

3. 對氨氮和有機物的去除效果，以氨氮最高。顯見本法之去除作用以硝化作用為主。

流量負荷 (H_L)、原水氨氮 (C_0) 濃度及氨氮去除量 (L_r) 之關係如下式：

$$L_r = 3.903 \times 10^{-3} H_L^{0.852} C_0^{1.076}$$

4. 對氨氮的去除效果顯示，在氨氮負荷小於 $50 \text{ g}/\text{m}^3 \text{ d}$ 時，氨氮去除率隨氨氮負荷的增加而增加，當氨氮負荷大於 $50 \text{ g}/\text{m}^3 \text{ d}$ 時，氨氮去除率已有下降趨勢，而處理水欲達二級公共給水之氨氮標準 ($\text{NH}_3 - \text{N} < 0.3 \text{ mg}/\ell$)，氨氮負荷以小於 $30 \text{ g}/\text{m}^3 \text{ d}$ 為宜。
5. 有機物的去除特性方面，BOD 去除率依負荷之增加，然其處理水 BOD 濃度亦隨之增加，若欲達二級公共給水之 BOD 標準 ($\text{BOD} < 2 \text{ mg}/\ell$)，原水之 BOD 負荷以小於 $100 \text{ g}/\text{m}^3 \text{ d}$ 為宜。
6. 實驗期間對鹼度的消耗量，在流量負荷為 $30 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $12 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 及 $5 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 下，其單位氨氮硝化所需之鹼度量平均分別為 7.34，7.30，7.49 及 7.66 mg/ℓ ，總平均約 7.45 mg/ℓ ，與理論值 7.14 mg/ℓ 相近，顯示原水鹼度足供硝化之需。
7. 當氨氮去除量愈大，其折點加氯量也愈少，在流量負荷為 $30 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $12 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 及 $5 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 下，其加氯減少量約為氨氮去除量之 10.73，10.60，10.52 及 10.45 倍。顯示可以接觸曝氣法替代受污染原水的預氯處理。
8. 水中濁度愈高，所需之混凝劑添加量愈多，以接觸曝氣法處理時，水中濁度 (x) 與混凝劑 PAC 添加量 (y) 的關係式如下：

$$y = 9.326 x^{0.461}$$

當流量負荷為 $30 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $12 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 及 $5 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 時，其所減少的 PAC 量分別為濁度去除量的 0.22，0.69，1.20 及 1.39 倍，顯示以接觸曝氣法預先處理自來水原水濁度，亦可減少後續處理之 PAC 添加量。

9. 以接觸曝氣法做為原水預先處理時，所產生之污泥量均遠低於一般傳統混凝沉澱所產生的污泥量，且當達到相同水質，原水先經本法處理，再以 PAC 做混凝處理之總污泥量，亦低於原水直接加 PAC 後混凝沉澱產生之污泥量，且流量負荷愈低，污泥所減少的量愈高，在流量負荷為 $30 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ， $20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ，及 $12 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ 之條件下，其平均污泥量分別為：TS：60.94，78.14 及 92.78 g/m^3 ，TVS：9.29，14.74 及 17.4 g/m^3 。其污泥減少率平均分別為 TS：44.1%，56.5% 及 67.1%。

2.2 旋轉生物圓盤法之處理特性(4)

1. 依據實驗在各種流量負荷下，原水氨氮、BOD、COD 及濁度之去除率如圖 2.2。

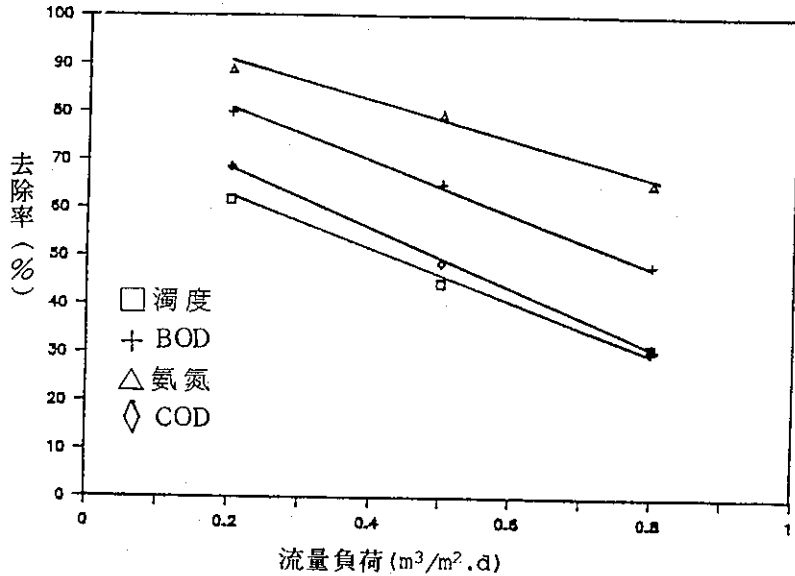


圖 2-2 旋轉生物盤法流量負荷與去除率之關係(4)

- 根據實驗以旋轉生物盤法做為預先處理時，處理水水質可大幅提升，減低後續淨水處理的操作負荷，可達到減少預氯量、混凝劑添加量及污泥量之三大目的。
- 旋轉生物盤法對氨氮和有機物的去除效果，以氨氮最高，顯見本法之去除作用以硝化作用為主，流量負荷 (H_L)、原水氨氮濃度 (C_0) 及氨氮去除量 (L_r) 關係如下式：

$$L_r = 2.388 \times 10^{-3} H_L^{0.817} C_0^{1.056}$$

- 對氨氮的去除效果顯示，在氨氮負荷大於 $3.45 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 時，氨氮去除率已有下降趨勢，若處理水欲達二級公共給水之氨氮標準 ($\text{NH}_3 - \text{N} < 0.3 \text{ mg/l}$)，氨氮負荷應小於 $0.9 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 為宜。而對有機物的去除特性方面，欲達二級公共給水之 BOD 標準 ($\text{BOD} < 2 \text{ mg/l}$)，原水之 BOD 負荷應小於 $3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。
- 實驗期間對鹼度的消耗量，在流量負荷為 $800 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ ， $500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ ， $500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ 及 $200 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ 下，其單位氨氮硝化所需之鹼度量平均分別為 7.52，7.61 及 7.50 mg/mg ，總平均約 7.54 mg/l 與理論值 7.14 mg/l 相近，顯示原水鹼度足供硝化之需要。
- 氨氮去除量愈大，折點加氯量也愈少。在流量負荷為 $800 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ ， $500 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ ， $200 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ 下，其加氯減少量約為氨氮去除量之 10.17、10.54 及 10.55 倍。

顯示可以旋轉生物盤法替代受污染原水的預氯處理。

7. 水中濁度愈高，所需之混凝劑添加量愈多，以旋轉生物盤法處理時，水中濁度（ x ）與混凝劑添加量（ y ）的關係如下式：

$$y = 11.63 x^{0.374}$$

在流量負荷為 $800 \ell/m^2 \cdot d$ ， $500 \ell/m^2 \cdot d$ 及 $200 \ell/m^2 \cdot d$ 下，其所減少的 PAC 量分別為濁度去除量的 1.54，1.77 及 2.14 倍。顯示以本法預先處理自來水原水濁度時，可以減少後續處理之 PAC 添加量。

8. 以旋轉生物盤法做為原水預先處理時，所產生之污泥量遠低於一般傳統混凝沉澱所產生的污泥量，且當達到相同水質，原水先經生物處理，再以 PAC 做混凝處理之總污泥量，亦低於原水直接加 PAC 後混凝沉澱產生之污泥，且流量負荷愈低，污泥所減少的量愈高。在流量負荷為 $800 \ell/m^2 \cdot d$ ， $500 \ell/m^2 \cdot d$ 及 $200 \ell/m^2 \cdot d$ 之條件下，其平均污泥減少量分別為 TS：50.89，63.88 及 81.34 g/m^3 ，TVS：9.88，12.9 及 19.12 g/m^3 。

三、處理目標水質

依據我國水體分類及水質標準第二條至第六條之規定，對於水體用途有關公共給水之水質標準，訂定如表 3-1。

表 3-1 有關公共給水之水體水質標準

類別	水體用途	水 質 標 準	備 註
甲類	公共給水 (一級)	pH 6.5 - 8.5 DO 6.5 mg/ℓ 以上 大腸菌類 50 個/100 ml 以下	原水經消毒處理即可適用
乙類	公共給水 (二級)	pH 6.0 - 9.0, DO 5.5 mg/ℓ 以上，大腸菌類 5,000 個/100 ml 以下，BOD ₅ , 2.0 mg/ℓ 以下， SS 25 mg/ℓ 以下，氨氮 0.3 mg/ℓ 以下，硫化氫 0.05 mg/ℓ 以下。	原水經一般通用之淨水方法處 理方可適用
丙類	公共給水 (三級)	pH 6.0 - 9.0, DO 4.5 mg/ℓ 以上，BOD ₅ , 20 °C 4 mg/ℓ 以下大腸菌類 10,000 個/100 ml 以下，SS 40 mg/ℓ 以下， 氨氮，硫化氫同乙類。	原水需經特殊或高度處理方可 適用

鑒於台灣地區各地面水源自來水淨水廠之淨水程序，皆多為一般通用之淨水方法，因之本自來水原水預光處理經濟評估所擬處理之水質目標，乃以能達到乙類為目標，則所擬達到之自來水原水水質目標為乙類（二級公共給水）如表 3.1。

在上述之原水水質目標項目中，在一般淨水方法上，最為重要為氨氮之去除，由於為提升淨水效率及抑制臭氣在一般通用之淨水程序皆添加預氯，而原水中存在的氨氮則會消耗多量的氯，而有形成三鹵甲烷的機會，故採生物處理法預先去除原水中的氨氮愈多，加氯減少量也愈多，因此相對降低了三鹵甲烷生成機會，而可減少了三鹵甲烷的生成量，維護供水的安全。

自來水原水以生物處理方法預先處理，建議以氨氮之去除為設計條件，而以能達到乙類原水水質氨氮濃度 0.3 mg/l 以下為目標，且基於前述之兩研究之研究實驗結果，當氨氮可達乙類標準時，其他水質項目皆多可達到二級公共給水原水水質標準，故建議以氨氮為設計指標。

台灣地區多處河川自來水水源之氨氮含量超過 0.5 mg/l ，甚至有高達 4 mg/l ，有些河川年平均達 2 mg/l ，生化需氧量也達 4 mg/l 。

為比較生物接觸曝氣法及旋轉生物圓盤法兩者之特性，特以三個不同處理規模 $10,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $30,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 及 $50,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 之處理量，原水氨氮濃度設定為 2 mg/l ，處理目標水質氨氮 0.3 mg/l ，去除率 85% 進行初步設計，並就兩法之建設費、用土面積、操作費，以及其他因素做一整體性的比較。

四 生物接觸曝氣法之設計

依據生物接觸曝氣法預先處理自來水原水之可行性研究結果，原水氨氮濃度在 5 mg/l 以下者，其設計負荷可依達到乙類氨氮濃度 0.3 mg/l 之目標值，而決定去除率，再自圖 2-1 中確定設計流量負荷，據以計算接觸曝氣槽體中接觸材所需容積。

4.1 設計條件

生物接觸曝氣法設計條件訂為：

1. 填充濾材：PVC 蜂巢管，孔徑 13 mm ，比表面積 $302 \text{ m}^2/\text{m}^3$
2. 流量負荷： $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
3. 曝氣強度：視曝氣池水深而定

$$H = 3 - 4^{\text{m}} \quad I = 2.0 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$$

$$H = 4 - 5^{\text{m}} \quad I = 1.75 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$$

$$H = 5^m - 6^m \quad f = 1.5 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$$

4. 曝氣池水深 / 池寬比 $H / B > 0.85$
5. 濾材填充率：約 0.65
6. 水力停留時間約 2.4 小時
7. 曝氣方式：二段式、中央曝氣，水向兩側上下流循環。

本設計之處理設施平面配置如圖 4-1。

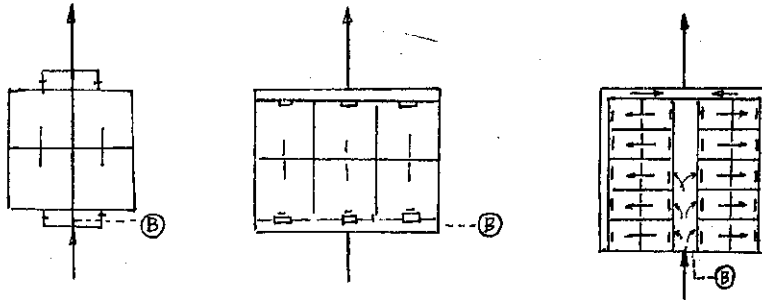


圖 4-1 各種生物接觸曝氣法工程配置圖

4.2 處理水量與主要設備

依據設計條件，推算出各主要設備在不同流量下之容量表如表 4-1。

表 4-1 生物接觸曝氣法之處理水量與主要設備

主要設備 Q (CMD)	蜂巢管	曝氣池	曝氣強度 I ($\text{m}^3 / \text{m}^3 \text{ H}$)	鼓風機	
	m (m^3)	V (m^3)		$Q_a \times A_q$	數量
2,500	167	257	2.0	5.6×365	2 - 10 HP
5,000	334	513	1.75	9.8×460	2 - 20 HP
10,000	667	1026	1.5	16.7×510	2 - 30 HP
20,000	1334	2052	1.5	33.4×510	3 - 30 HP
30,000	2000	3077	1.5	50.0×520	4 - 30 HP
40,000	2667	4105	1.5	66.8×530	4 - 40 HP
50,000	3333	5127	1.5	83.4×540	4 - 50 HP

說明：(1) $M = Q / 15$ $V = M / 0.65$

$$Q_a = I \times M / 60 \text{ (m}^3 / \text{min)}$$

$A_q = \text{曝氣池水深 (mm)}$

(2) 鼓風機：參考大豐 Roots Blowers 型錄，所列台數中含備用機乙台。

4.3 建設費估算

1. 曝氣池：

RC 構造，依處理流量大小，每一處理規模至少置二組獨立單元，每一組含二池串聯成二段式曝氣，曝氣池前後設進出水槽及每組之進出水閘門、配管。

表 4-2 生物接觸曝氣法設計容量與建造費評估

曝氣池 Q (CMD)	尺 L×W×H _w (m)	池數 組	設計容量 V (m ³)	建造費 (萬元)
2,500	4.2×4.2×3.65	4 / 2	257	100
5,000	5.3×5.3×5.10	4 / 2	517	150
10,000	5.8×5.8×5.10	6 / 3	1029	270
20,000	5.8×5.8×5.10	12 / 6	2058	530
30,000	6.1×6.1×5.20	16 / 8	3096	740
40,000	6.2×6.2×5.30	20 / 10	4075	940
50,000	6.3×6.3×5.40	24 / 12	5143	1120

2. 蜂巢管

PVC、PE 或 ABS 塑膠類材質，比表面積 302 m²/m³，在國內加工製造，包括運什、安裝、及池內不銹鋼料支撐，每 m³ 8,000 - 10,000 元，視使用數量多寡而定。

3. 曝氣設備

各處理流量下曝氣系統之建設費如表 4-3。

表 4—3 生物接觸曝氣法之曝氣設備與建造費概估

處理水量 (CMD)	鼓風機	機房 (m ³)	空氣配管 (—mm)	散氣盤 (只)	建造費 (萬元)
2,500	2-10HP	30	100-50	30	65
5,000	2-20HP	30	150-50	50	110
10,000	2-30HP	30	200-63	84	160
20,000	3-30HP	36	200-63	168	255
30,000	4-30HP	45	250-63	256	340
40,000	4-40HP	45	250-63	340	440
50,000	4-50HP	50	300-63	432	540

- 說明：1. 鼓風機含進氣過濾器、出機控制閥、消音器，配電每 HP 以 2 萬元計。
 2. 機房為輕型鋼架構造，建於曝氣池旁。
 3. 空氣配管為 GIP。
 4. 散氣盤為粗泡型，每只 800 元。

4.4 總建設費

彙整各處理水量下生物接觸曝氣法之總建設費如表 4—4

表 4—4 生物接觸曝氣法總建設費

處理水量 CMD	接觸池 (萬元)	蜂巢管 (萬元)	曝氣設備 (萬元)	其他 (萬元)	合計 (萬元)
2,500	100	$1.0 \text{萬}/\text{m}^3 \times 167\text{m}^3 = 167$	65	28	360
5,000	150	$0.975 \times 334 = 325$	110	45	630
10,000	270	$0.95 \times 667 = 634$	160	86	1150
20,000	530	$0.90 \times 1334 = 1200$	255	165	2150
30,000	740	$0.85 \times 2000 = 1700$	340	220	3000
40,000	940	$0.825 \times 2667 = 2200$	440	280	3860
50,000	1120	$0.80 \times 3334 = 2667$	540	343	4670

說明：其他指零星工料，工程管理費等，約以前項和之 8% 計算。

五 旋轉生物圓盤法之設計

依據旋轉生物圓盤法預先處理自來水原水之可行性研究結果，原水氨氮濃度在 $5\text{mg}/\ell$ 以下者，其設計負荷可依達到乙類氨氮濃度 $0.3\text{mg}/\ell$ 以下之目標值，而決定其去除量，再自圖 2-2 中確定設計流量負荷，據以計算旋轉生物圓盤法所需圓盤體表面積。

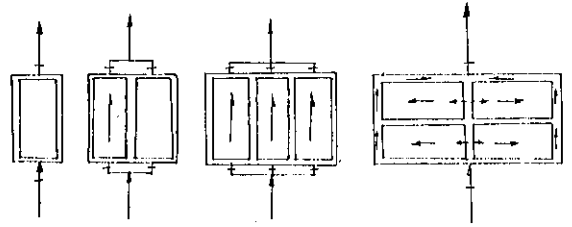


圖 5-1 各種旋轉生物圓盤法工程配置圖

5.1 設計條件

流量負荷： $320\text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

處理流程：四段式接觸氧化，每組四只 RBC 串聯依處理水量多寡，配設多組並聯運轉。

圓盤直徑： 3.72 m

圓盤間隙： 15 mm

旋轉盤周邊速度： $15 - 18\text{ m}/\text{min}$

各種旋轉生物圓盤法配置如圖 5-1。

5.2 處理水量與主要設備

1. RBC 設備

依據負荷計算不同處理水量下所需圓盤面積及採用之組數和型類如表 5-1。

表 5-1 旋轉生物圓盤法處理水量與主要設備

處理水量 (CMD)	需要接觸面積 m^2/ft^2	使用 RBC (組)				組數	設計面積 ft^2
		A-30	A-50	A-70	A-100		
2500	7813/84380	4				1	120000
5000	15626/168100		4			1	200000
10000	31250/336200		8			2	400000
20000	62500/672400			4	4	2	680000
30000	93750/1008600			4	8	3	1060000
40000	125000/1344800			8	8	4	1360000
50000	156250/1681000			8	12	5	1760000

說明：(1)需要面積 = $Q / 0.32 (\text{m}^2)$

(2)每只 RBC 面積 $A30 = 30,000\text{ ft}^2$ ， $A50 = 50,000\text{ ft}^2$

$$A70 = 70,000 \text{ ft}^2, A100 = 100,000 \text{ ft}^2$$

2. 接觸池

鋼筋混凝土造各種型號RBC直徑一定(華禹 $D = 3.72^m$)面積大小由長度調整,故四組RBC串聯使用時,每一接觸池池長相同,池寬視選用型號而異,參照華禹公司產品,池長皆為 18.03^m ,池寬為RBC長加 2×0.2^m ,四種型號池寬依次為 2.73^m 、 4.24^m 、 5.75^m 、 8.01^m 。

池深則一律為 1.685^m ,池兩端設進出水槽,左右側一邊留驅動機平台寬 $1.3 - 1.5^m$,另兩邊設走道寬 0.9^m ,接觸池上部設可拆裝式輕型鋼架廠棚。

5. 3 建設費估算

旋轉生物圓盤法各種處理水量設計流量下各項建設費概算如次:

1. 接觸池(含廠棚)

各處理水量下各接觸池之建造費如表 5-2。

表 5-2 生物旋轉圓盤法接觸池與建造費

處理水量 CMD	接 觸 池	輕型鋼架廠棚 面積 (m^2)	建 造 費 (萬元)
	L × W × H		
2500	1-18.03 ^m × 2.73 ^m × 1.685 ^m	130	105
5000	1-18.03 ^m × 4.24 ^m × 1.685 ^m	160	160
10000	2-18.03 ^m × 4.24 ^m × 1.685 ^m	260	260
20000	1-18.03 × 5.75 × 1.685	380	375
	1-18.03 × 8.01 × 1.685		
30000	1-18.03 × 5.75 × 1.685	580	480
	2-18.03 × 8.01 × 1.685		
40000	2-18.03 × 5.75 × 1.685	720	570
	2-18.03 × 8.01 × 1.685		
50000	2-18.03 × 5.75 × 1.685	850	650
	3-18.03 × 8.01 × 1.685		

說明：接觸池費用包括走道平台、進出水槽、欄杆。

2. RBC設備

參考華禹公司資料,各型號RBC(附驅動機、減速裝置),連同出廠運輸,現場按裝,試車運轉、電氣配線等,每只組料費為:

A 30 型 (3 HP) 每組 55 萬

- A 50 型 (3 HP) 每組 80 萬
- A 70 型 (5 HP) 每組 105 萬
- A 100 型 (5 HP) 每組 135 萬

5.4 總建設費

各處理水量下，旋轉生物圓盤法處理設施之總建設費如表 5 - 3。

表 5 - 3 生物旋轉圓盤法總建設費

處理水量 (CMD)	接觸池 (萬元)	RBC 設 備 (萬元)	其 他 (萬元)	合 計 (萬元)
2,000	105	$55 \times 4 = 220$	25	350
5,000	160	$80 \times 4 = 320$	40	520
10,000	260	$80 \times 8 = 640$	70	970
20,000	375	$(105 + 135) \times 4 = 960$	105	1440
30,000	480	$105 \times 4 + 135 \times 8 = 1500$	160	2140
40,000	570	$105 \times 8 + 135 \times 8 = 1920$	200	2690
50,000	650	$105 \times 8 + 135 \times 12 = 2460$	250	3360

說明：其他指零星工料、工程管理費等，約以前項和之 8 % 計。

六 接觸曝氣法與旋轉生物圓盤法比較

6.1 建設費之比較

依據前述五、六兩節，有關建設費之分析、比較如圖 6 - 1，顯示生物旋轉盤法之建設費低於接觸曝氣法，處理水量愈多，費用相差愈大。

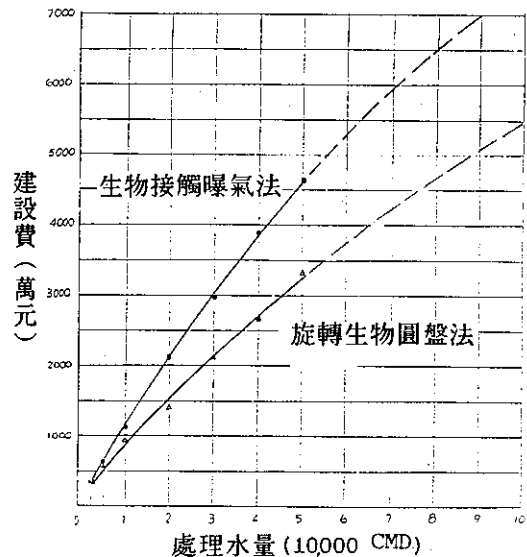


圖 6 - 1 接觸曝氣法與生物旋轉盤法建設費比較

6.2 用地面積比較

兩種生物處理方法使用之土地面積，以曝氣池或接觸池佔地面積除以 0.6 計算，各種處理規模需用地面積比較如圖 6-2，顯示旋轉生物圓盤法用地較生物接觸曝氣法為小。

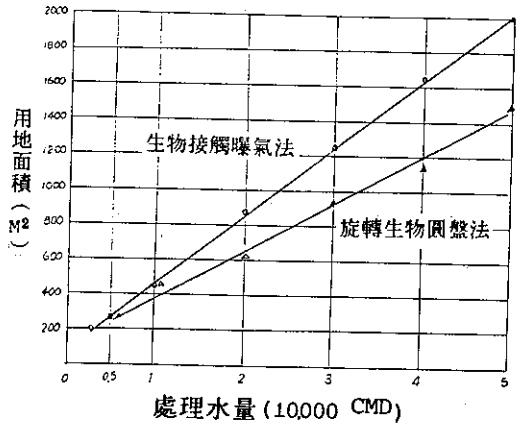


圖 6-2 生物接觸曝氣法與旋轉

6.3 操作動力之比較

生物接觸曝氣法之操作需要鼓風機，旋轉生物圓盤法由變速驅動機帶生物盤旋轉，兩者各種處理規模需要之動力比較如圖 6-3，顯示旋轉生物圓盤法使用動力較省。

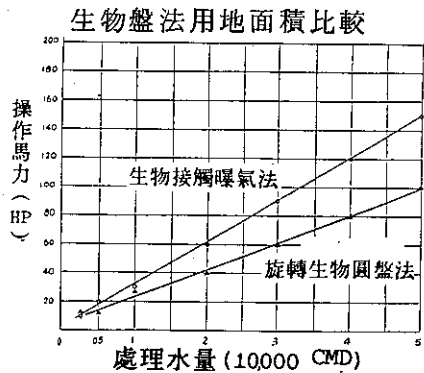


圖 6-3 生物接觸曝氣法與旋轉生物盤法操作動力比較

6.4 處理成本分析比較

經就上述有關建設費之估算，進而分析兩種處理方法之單位水量處理成本，列如表 6-1 及表 6-2，接觸曝氣法單位處理成本為 1.15 ~ 0.82 元/m³ 旋轉生物圓盤法單位處理成本為 0.72 ~ 0.52 元/m³，處理規模愈大，單位成本愈低。旋轉生物圓盤法之處理成本較接觸曝氣低約 30 ~ 40 %。

表 6-1 接觸曝氣法處理成本分析

處理水量		10,000	30,000	50,000	
項	目				
年費支出 (萬元)	建設費利息 7 %	1,150 × 7% = 80.5	3,000 × 7% = 210	4,670 × 7% = 326.9	
	折舊	土建設備 2 %	6	16	24
		機械設備 6 %	51	132	208.2
	維修費 3 %	34.5	90	140.1	
	動力費 10 萬 / HP 年	30	90	150	
	人員費 50 萬 / 人年	50	50	50	
	合計		252.0	588	899.2
成本	年處理水量 (m ³)	2,190,000	6,570,000	10,950,000	
	年費 / 處理水量	1.15	0.90	0.82	

說明：(1)本法鼓風機操作維護及曝氣池排泥，至少須增加操作員乙名。

(2)年處理水量為年平均出水量，以設計水量之60%計。

表 6-2 生物旋轉盤法處理成本分析

處理水量CMD		10,000	30,000	50,000	
年費支出(萬元)	建設費利息 7%	$970 \times 7\% = 67.9$	$2140 \times 7\% = 149.8$	$3360 \times 7\% = 235.2$	
	折舊費	土建設備 2%	5.6	10.4	14
		機械設備 6%	41.4	97.2	159.6
	維修費 2%	19.4	42.8	67.2	
	動力費 10 萬/HP年	24	60	100	
	人員費 50 萬/人年	0	0	0	
	合計	158.3	360.2	576	
成本	年處理水量 (m ³)	2,190,000	6,570,000	10,950,000	
	年費/處理水量 (元/m ³)	0.72	0.55	0.52	

說明：RBC法機械故障率低，由淨水場人員兼管，不另增加操作人員。

6.5 綜合比較

自來水原水以生物接觸曝氣法及旋轉生物圓盤法預先處理時，針對兩種方法之特性，做整體性的比較之如表 6-3。

表 6-3 接觸曝氣法及生物旋轉盤法總比較

處理法	生物接觸曝氣法	旋轉生物圓盤法
建設費	建設費較高	建設費較低
負荷變動	為二段式，且各段為完全混合式，故對於負荷變動較低	由於係多段式（四段，故較能承受負荷變動
用地面積	用地面積較大	用地面積較小
操作管理費	操作所需費用較大	操作管理費用較省
操作技術	由於使用鼓風機送風系統，需加以注意維護	只有驅動設備，不需操作技術
污泥產生量	單位處理水量之污泥產生量稍大	單位處理水量之污泥產生量較少
氣溫影響	氣溫影響較少	氣溫影響較大，惟台灣地區終年氣溫較高，故氣溫之影響為正面影響
使用實績	在日本應用實績較多	在日本實例較少
維修難易	由於使用鼓風機曝氣，故所需維修較頻繁	所需維修較少，除非主軸折斷，惟由於原水有機物濃度低，負載小，折斷之可能性極微

七 結論與建議

本文依據前以旋轉生物圓盤法及生物接觸曝氣法進行自來水源實驗結果之數據，藉以分析比較其經濟性，獲致如下結論和建議：

1. 自來水原氨氮濃度在 2 mg/l 以下，以生物接觸曝氣法預先處理時，採設計流量負荷 $15 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ d}$ 進行處理，以旋轉生物盤法預先處理時，採流量負荷 $3201/\text{m}^2 \text{ d}$ 進行處理，皆可達乙類原水目標水質 0.3 mg/l 。同時其他 pH, BOD, DO 及濁度等水質指標亦皆可同時合乎乙類原水水質標準。
2. 依旋轉生物圓盤法與生物接觸曝氣法相比較結果，前者之建設費較省，用地較小、操作費較低、操作穩定性及可靠性皆較佳，惟受氣溫影響可能稍大但應無礙。兩者如有故障時維修較不易，但因自來水原水有機物偏低，故可能造成之故障率極低。
3. 台灣地區受污染之原水，欲以生物處理法預先進行處理時，建議使用旋轉生物圓盤法，可獲致較高之經濟效益。

八 結 語

本研究乃承台灣省自來水公司之委託辦理，謹附誌謝。

參 考 文 獻

1. 須藤 侍郎 “東京都における生物膜接觸酸化法の比較實驗” 用水と廢水，25：8：36（1983）
2. 浜野 守等 “大阪府における生物處理實驗” 水道協會誌，54：9：12（1985）
3. 歐陽嶠暉，生物接觸曝氣法預先處理自來水原水之可行性研究報告，國立中央大學土木工程學研究，76年9月。
4. 歐陽嶠暉，生物氧化法處理污染水源之研究報告，國立中央大學土木工程研究所，77年2月。