

薄膜技術應用 於淨水與廢水回收研討會

陳效禹/工研院能資所節水團

由工研院、交大、美商傑明工程顧問公司三個單位共同主辦之「薄膜技術應用於淨水與廢水回收研討會」，於 2001 年 2 月 22 日在工研院舉行。研討會主要內容為薄膜處理技術之基本介紹與說明，並將此技術應用於水及廢水處理。本次邀請的主講者共兩位，皆是長期致力於水及廢水處理研究領域，除擁有相當多的實務



▲ 於小型會議室進行問題研討

經驗，更是膜處理技術方面的專家，特藉此次研討會將其豐富經驗與大家分享，首先介紹兩位講師之資歷及其專業領域。

Samer S Adham 博士：伊利諾大學環境工程博士，專業資格為美國自來水協會（AWWA）薄膜研究委員會會員，現為美商傑明公司美國加州帕薩迪那應用研發部經理，其 7 年的專業背景與經驗主要是以薄膜與砂濾處理飲用水與廢水回收利用之實驗室與模廠研究。曾負責執行美國自來水協會研究基金會（AWWARF）有關薄膜技術之應用相關計劃，研究 3 種超濾（UF）與 3 種微濾（MF）用於自然水源時，濾除微生物與粒狀物之效果。Adham 博士在加州聖地牙哥市自來水局，對廢水經逆滲透回收處理中不同前處理替代方案可行性研究計劃中擔任專案工程師；而自 1995 年起，擔任 Agua 2000 研究中心模廠試驗工作之專案經理及專案工程師。此外，亦負責 6 家低壓薄膜製造商，符合加州衛生局與國家公共衛生基金會（NSF）規範要求之驗證工作。另外已完成 2 個有關薄膜生物處理程序(MBR)應用於水回收/再淨化(Repurification)之評估計畫。Adham 博士目前亦為 MBR 程序之認可評估工作之主任研究員，並參與聖地牙哥薄膜過濾處理廠(處理量 40MGD，為世界最大規模之薄膜過濾廠)之設計與模廠實驗工作；曾以薄膜程序及用水回收專家身份參與許多國際或全國性研討會。

Joe Jacangelo 博士：約翰霍普金斯大學環境工程博士，專業資格為國家環境衛生協會註冊公共衛生工程師，約翰霍普金斯大學講師。現為傑明公司副總裁及衛生工程技術經理，負責給水及廢水處理之技術轉移。在環境衛生工程領域已有 17 年以上專業經驗，對水與廢水處理、自來水與廢水消毒及公共衛生等領域尤其熟悉。其專業背景包涵實驗室與模廠研究、薄膜技術應用、紫外線、臭氧與加氯消毒技術等相關經驗。除了一般傳統水處理工程外，薄膜處理技術亦為 Jacangelo 博士之工作重點，他曾以計畫經理或主任研究員之身份參與許多薄膜處理技術應用於去除地表原水之粒狀物、微生物與天然有機物的研究工作。研究結果顯示紫外線處理與微過濾程序可有效去除 *Crypto sporidium parvum* 菌、*Giardia muris* 菌與病毒等微生物。在他參與的另一項研究中 - 紫外線預處理與 NF 過濾程序 (nanofiltration) 去除消毒副產物(DBPs)前趨物的計畫中，則發現溴的去除對以薄膜控制消毒副產物之重要性。

Jacangelo 博士亦曾擔任 2 個由美國自來水協會消毒副產物科技顧問團 (AWWA's Disinfection/Disinfectant By-Product Technical Advisory Workgroup) 轄下的給水工業技術促進基金 (Water Industry Technical Action Fund) 資助之研究計畫的專案經理，前述 2 個計畫的目的在定義自由氯消毒副產物之生成反應動力機制及探討混凝及臭氧處理程序對消毒副產物前趨物之去除效果，而其研究成果為美國環保署訂定消毒副產物相關法規之重要依據。

本次研討會同時開放大小兩個不同的會場作為講演與研討的空間，當大會場進行專題講演時，另一位講者則在小型會議室中進行相關專業領域的問題討論。而課程的安排，也因應與會者的需求區分為水處理與廢水處理單元，大家可根據專業領域的需求選擇大會場的聆聽，或小型會議室的面對面討論；兩位講者輪番上陣，不論是大會場的專業解說，或小小會議室的激烈討論，會中主講者皆以豐富的經驗為大家細心講解，此項安排即為本次研討會的特色之一。

會中主講內容包括：膜處理的基本概念、薄膜生物處理(MBR)技術應用於水處理及廢水處理、廢水回收等，並將薄膜製造商、薄膜之價格及未來應用趨勢等做一說明。關於本次研討會的主講內容，筆者彙整後摘要如下：

一、 膜處理技術之基本觀念說明

▼ 薄膜技術應用於淨水與廢水回收研討會活動盛況

薄膜處理技術是非常具有潛力且值得開發的水及廢水處理技術，具有下列優點：

1. 處理後水質佳。
2. 減少化學藥劑的使用。
3. 設備空間佔地小。
4. 無化學污泥產生。
5. 可全自動操作。
6. 節省操作維護成本。



目前全世界膜組已安裝運作操轉量為 4,000,000m³/day，膜的應用依其運作動力區分如下：

1. 壓力操作：Microfiltration、 Ultra-filtration、 Nanofiltration、 Reverse Osmosis。
2. 電能操作：ED、 EDR。

膜的操作機制，是利用膜將水中微粒、病菌等雜質去除，而得到較乾淨的水質，可由圖 1 瞭解。以 MF、NF 濾除水中懸浮固體物之過濾方向與水流方向是垂直的，可減少膜表面積垢阻塞現象，再加上自動反洗的設計使膜的操作可長期運作並維持穩定的過濾量。目前使用的膜組的型式有：

1. Hollow Fiber
2. Spiral Wound
3. Plate and frame
4. Capillary
5. Tubular
6. Rotating Disc。

膜的材質一般有機聚合物與無機物兩大類，請參考（表 1）

二、薄膜生物處理 (Membrane Bioreactor)

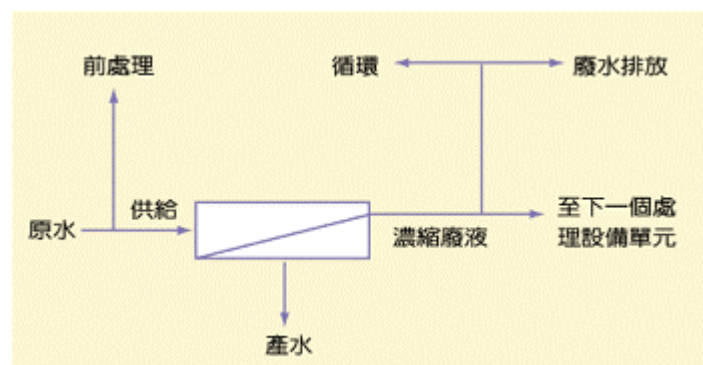
屬於 MF 的一種，其可以分離水中粒徑在 $0.4\ \mu\text{m}$ 以上的固體微粒，整個系統在設計上之主要目的是為了處理含高濃度生化需氧量 (BOD) 及懸浮固體微粒 (SS) 之原水，適合應用於工業或是民生廢水之處理與回收。此系統將 MF 膜組浸入好氧活性污泥槽中，廢水先在槽內與活性污泥進行生物反應，再以吸引幫浦(Suction Pump)將廢水吸入中空式纖維膜內過濾。此系統不但可以解決傳統方法所可能產生的污泥膨化問題，同時也提高了對廢水水質變化度的耐受度。此外，所佔用的體積也是傳統方式的 50%。而其缺點是膜的費用較高，且會產生膜面結垢的問題。

▼ 表 1

| 膜的材質 | |
|-------|------|
| 有機聚合物 | 無機物質 |
| 纖維聚合物 | 陶製類 |
| 聚亞硫酸鹽 | 礬土 |
| 聚碘氟乙烯 | 氧化鋁 |
| 聚碳酸鹽 | 玻璃類 |
| 聚酯 | 二氧化矽 |
| 聚乙烯 | 金屬類 |
| 聚胺 | 鎢 |
| 聚丙烯 | 鉬 |
| 聚四氟乙烯 | |
| PVC | |
| 聚丙烯酸 | |
| 聚尿酸 | |

薄膜生物處理在實際應用設計上必須特別注意膜在原水槽中的配置與打入空氣的流速，因為不當的配置與空氣流速，會造成水流往上流動與再循環時流場遭到破壞而失去沖洗膜管的效果。此外，原水中若含有大量油脂類的物質 (超過 100ppm)，也必須先行去除以避免膜管堵塞。而當槽底的污泥累積至一定數量時，則需將污泥抽出廢棄。

薄膜生物處理可承受高 BOD 負荷，最高可達 10000mg/LBOD 以上，處理後排放水之 BOD 可降至 10mg/L 以下，而 TSS 亦可由 3000mg/L 以上降至 10mg/L 以下，且污泥齡可長達 300 天以上，MLVSS 可高達 15000 mg/L 以上而無須排泥，其處理能力優於傳統之活性污泥曝氣法，且無 BOD 負荷與污泥處理之問題。



▲ 圖 1 膜的處理

目前從事薄膜生物處理之製造商有：

Submerged、Zenon Municipal Systems (加拿大)、Mitsubishi Rayon corporation (日本)、Kubota Corporation (日本)、In-Series、Lyonnaise des Eaux/Degremont (法國)

三、薄膜未來應用之趨勢

將薄膜技術應用於水及廢水處理中，不僅可以節省設備空間，減少藥品使用，且對原水之水量與水質的變動，仍可得較安定的處理水質；但膜的價格阻礙使用者之意願，未來除繼續推廣薄膜技術之應用並努力降低膜之成本，建立完整之操作與維護能力，使本技術的應用能減少水及廢水處理時對環境之衝擊。