
工程創新案例一

薄膜生物反應器

(Membrane Bio-Reactor)

技術應用

南亞科技工務處

前言

近年環保意識高漲，工業水污染防治工作一直是本企業廢水處理重視的一環。然而，隨著科技的進步，廢水處理系統也有所演進，逐漸朝向節能減碳方向規劃設計。部份新技術甚至已可同時提昇放流水質與節約成本，兼顧環保與經濟效益，本文敘述之薄膜生物反應器技術即為一例。

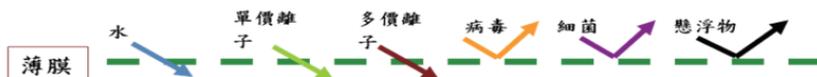
薄膜生物反應器技術 (Membrane bioreactor, MBR) 通常應用於有機廢水二級生物處理，由於具有生物處理與薄膜過濾之特性，其處理水質可達到接近三級處理之性能，為一新世代之生物處理技術。本廠於 2012 年底完工採用之固液分離型薄膜生物處理槽 (Solid-Liquid Membrane Separation Bioreactor ; SLMSB) 技術，即為目前發展最快之薄膜生物反應器技術之一，可有效增加有機廢水 COD 約 45% 處理能力及節省操作費

用約 25% (本廠實績：安裝前處理能力 4,177 kg COD/day，安裝後提昇至 6,092 kg COD/day，每月約節省操作費用 510,000 元)。

認識薄膜生物反應器 (Membrane Bio-Reactor) 技術

(一) 技術原理

其技術原理為在有機廢水活性污泥生物處理流程中，使用微過濾 (Microfiltration, MF) 或超過濾 (Ultrafiltration, UF) 薄膜 (膜孔徑在 0.01 - 0.2 μm 之間)，以薄膜兩側的壓力差為驅動力，將活性污泥與處理水進行分離與淨化，藉以得到澄淨之出流水 (薄膜固液分離示意圖如圖一)。



(圖一) 薄膜固液分離示意圖

由於其出流水是透過薄膜過濾，活性污泥處於懸浮狀態，故不須要沉澱單元，且能延長活性污泥停留時間及提高生物處理單元之 MLVSS 濃度，可有效的增加微生物對有機物質的處理效能。

(二) 濾膜的種類

(1) 以結構區分

可分為管式 (Tube)、卷式 (Spiral wound)、中空纖維 (Hollow Fiber) 及板框式 (Plate & frame)，外觀如圖二。其中又以中空纖維的應用最普遍，尤其是應用於廢水處理。



KOCH 管式膜

管式



卷式



中空纖維



板框式

(圖二) 各型式固液薄膜圖片

(2) 以膜材質區分

膜材質	優點	缺點
CA (醋酸纖維)	低價、親水性好、不易阻塞污染	易被微生物吞噬、對 pH 及溫度的適用範圍小
PS (聚砒)	耐溫及耐 pH 能力較好	不能抗油、油脂、脂肪及二極溶劑
PVDF (聚偏氟乙稀)	耐溫、耐酸鹼、耐溶劑及抗氧化能力強	較難製成有良好分離能力的 UF 膜
PTFE (聚四氟乙稀)	耐溫、耐酸鹼、耐溶劑及抗氧化能力強	較難製成有良好分離能力的 UF 膜
複合膜	屬多層膜結構，但每一層都有精確的組成；一般可分為支撐層及分離層，其優點缺點依其材質而定。	

(表一) 各材質濾膜之優缺點

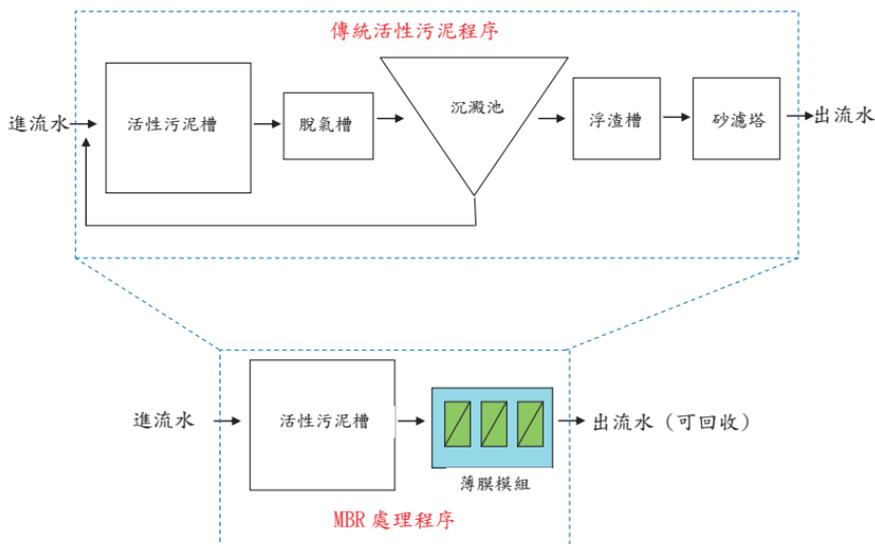
(三) MBR 系統整體優點

- (1) 可增加生物單元之處理效能，污泥產生量少
- (2) 節省用地面積，提高使用土地效率 (佔地面積僅約傳統活性污泥程序之一半)
- (3) 擁有可靠有效之固液分離機制
- (4) 提昇氮營養物質及難分解有機物之去除效率
- (5) 出流水可回收
- (6) 操作穩定，易於自動化控制整合

(四) MBR 與傳統活性污泥程序相比

傳統活性污泥程序常受限於污泥沉降性好壞與沉澱池效能之影響，無法得到良好的出流水質，或仍需經由高級處理才能得到可回收再利用之水質，而 MBR 是利用薄膜微小孔徑之固液分離特性，不僅可省卻沉澱池需考慮重力沉降效果之困擾，還能得到更佳之水質。

所以，MBR 與傳統活性污泥程序相比，具有佔地面積小之優點，浸入式 MBR 佔地面積僅約為傳統活性污泥程序之一半 (不需沉澱相關單元，如圖三之比較示意圖，可大幅節省空間)。且由於不需添加助凝劑，故產生污泥亦較傳統活性污泥程序少。



(圖三) MBR 與傳統活性污泥程序之比較示意圖

應用實例

- 南亞科 FAB3A 有機廢水處理五期工程專案

(一) 專案概述：

於既有生物活性污泥處理系統加裝浸入式固液分離型薄膜生物處理槽 (Solid-Liquid Membrane Separation Bioreactor；SLMSB)。

(二) 應用項目與範圍：

有機廢水生物處理系統

(三) 應用效果：

增加有機廢水 COD 約 45% 處理能力，並同時節省操作費用約 25% (實績：安裝前處理能力 4,177 kg COD/day，安裝後提昇至 6,092 kg COD/day，每月節省操作費用約 510,000 元)。

浸入式固液分離型薄膜生物處理槽相片



系統規劃特色

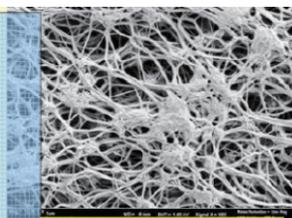
- (1) 採用 MBR 生物反應器，可提供穩定處理效率。
- (2) 採用 SUMITOMO MBR 中空絲膜，材質為 100% PTFE，耐酸鹼能力強 (PH 1~14)。
- (3) 採用獨立薄膜槽設計，容易進行藥洗恢復作業，不需停機亦可進行保養維修作業。
- (4) 控制系統提供人機介面，操作管理容易。

膜組規格

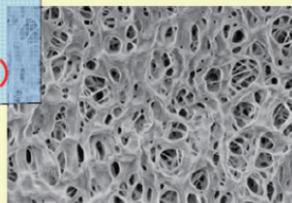
Specification				
Type	SPMW-05B6	SPMW-06B6	SPMW-05B10	SPMW-06B10
Filtration	Suction			
Nominal Pore Size (μm)	0.2	0.1	0.2	0.1
Membrane Area (m^2)	6		10	
Dimension (mm)	154 * 164 * 1520		154 * 164 * 2410	
Material	Membrane	Hydrophilic treated PTFE		
	Housing	ABS		
	Potting	Polyurethane / Epoxy		
Max. TMP (kPa)				60
Max. Temp. ($^{\circ}\text{C}$)				40
pH Range (Cleaning)				1 - 14
Design Flux (m/day)				0.3 - 0.8

PTFE 膜絲特性 (耐化性、耐物性佳)

- ① **Excellent Chemical Resistance**
(PTFE > PVDF、 Al_2O_3)
- ② **High Tensile Strength**
→ Long Service Life
- ③ **High Porosity**
(max **90%**) → High Flow Rate
- ④ **Excellent Heat Resistance**
(Filtration Temp. Max **200 $^{\circ}\text{C}$**)



Pore $0.2 \mu\text{m} \times 5,000$



Pore $0.03 \mu\text{m} \times 30,000$

化學藥洗清洗前後照片



▲因耐化性佳，故異常發生時可針對污堵物使用強酸或強鹼藥洗，恢復性佳。

本企業應用探討

• 應用範圍與項目

- (一) 作法：有機廢水生物處理系統於設計時將傳統活性污泥反應器以薄膜生物反應器取代。
- (二) 效果：
 1. 有機廢水 COD 處理能力得以提升約 45%
 2. 節省操作費用約 25%
 3. 節省用地面積，提高使用土地效率約 50%

• 效益分析及後續建議

- (一) 費用：薄膜反應器之單位造價約為每 m³ 廢水 10,000 元。
- (二) 後續建議：建議有機廢水新擴建規劃時可考慮採用。