

陶瓷平板 MBR 在大型工業廢水回收應用案例概述

林正祥*

前 言

薄膜生物反應器(Membrane Bio-Reactors, MBR)目前在歐美與日本等國家已廣泛運用於廢(污)水的處理及水回收應用技術上，國內也有多家工廠，如製藥、TFT-LCD 工廠等有採用此項技術。MBR 由於佔地面積小、高效率，以及膜成本有逐年降低之趨勢，預測未來將有更大的市場競爭力。茲將各界所採用 MBR 之特點歸納如下：

- 出水水質品質高，出水中無固體物質存在。
- 系統可過濾細菌，後消毒加藥劑量可降至最低。
- 污泥齡長，與其他好氧處理技術比較，污泥產生量少。
- 污泥濃度高，反應池體積可大幅縮小，佔地面積少。
- 可快速馴化出降解難生物分解之微生物，提高系統穩定性
- 具有處理高污染濃度廢水之能力。

一般 MBR 膜之孔隙約介於 0.04 至 1.0 μ m。

本文說明以陶瓷基材作為平板 MBR 膜，應用於大型實廠工業廢水回收應用案例。

一、 陶瓷平板 MBR 膜技術概述

陶瓷平板 MBR 膜是新近之薄膜技術，突破以往之管狀及中空絲狀之形式，而以平板之方式，材料上由緻密 2 次高溫陶瓷燒結而成（如圖 1 所示），使之具備完整的耐高溫（80°C）、超強抗污耐污（強酸鹼）性、可為高壓噴槍強力噴洗及使用壽命長（約 7 至 10 年）之特性。膜的孔徑為 0.1 微米（ μm ），可分離污泥和水的介質，不但污泥無法通過，細菌也被攔阻；更因不再倚賴生物污泥的沉降性，故無須提供額外空間設置生物沈澱池，使得陶瓷平板 MBR 膜之出水 SS 極低；以新加坡實際案例，此單元之出水可直接搭配逆滲透膜(RO)的使用，其出流水能達到所有回收再利用水的水質標準，大幅提高水資源再利用層次和價值。

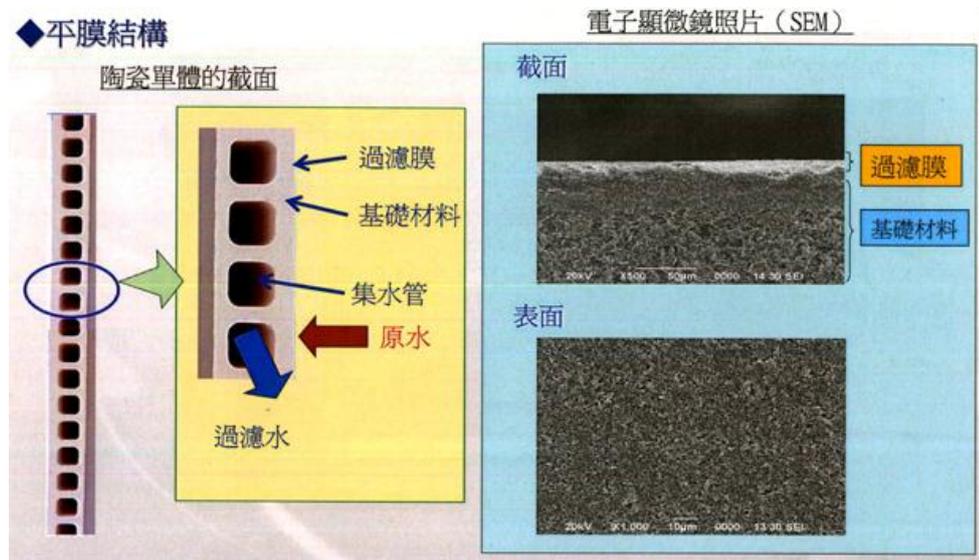


圖 1、陶瓷平板 MBR 薄膜構造圖

二、 陶瓷平板 MBR 膜之優勢特點

國內目前使用之 MBR，如中空絲膜（PVDF 材質）、平板膜（PVDF、PE 材質）等，茲分析比較如下：

表 1、陶瓷平板 MBR 膜與有機膜之特性比較

膜型式	中空絲膜	平板膜	
材質	合成樹脂 (PVDF)	合成樹脂 (PVDF、PE)	陶瓷
膜總表面積	++	+	+
耐酸鹼及耐強氧化劑	+	+	++
耐溫性	+(50°C 以上容易出現問題)	+(50°C 以上容易出現問題)	+++ (可達 80°C)
除油能力	+	+	++
壽命、保固年限	3~5 年	5~7 年	10~15 年
過濾性能	++	++	++
阻塞狀況	膜管接縫及內緣位置容易阻塞及斷絲	逆洗壓力小阻塞容易	有逆洗壓力不易阻塞
回收再利用	不易回收利用	不易回收利用	可回收再利用

備註：+號越多，顯示功能越佳

表 2、陶瓷平板 MBR 膜與有機膜之清洗特性比較

膜形式 清洗方式	高分子中空絲膜	高分子平板膜	陶瓷平板膜
空氣擾動清洗	膜邊緣位置清洗不佳	可使用	可使用
逆洗	可使用	使用不佳	可使用壓力
線上藥品清洗	可使用	使用不佳	可使用
高壓水噴槍清洗	無法使用	無法使用	可使用

由表 1 及表 2 所示，可瞭解陶瓷平板 MBR 膜之特性比現有 PVDF 材質之中空絲膜及平板膜，優點較多，處理穩定性高出甚多。根據日本長期成本效益比較，如表 3 所示，顯示長期之總成本，陶瓷平板膜約比中空絲膜及 PVDF 平板膜降低 20~40%。本項 MBR 新技術已被世界知名之技術期刊 Global Water Intelligence Magazine 評定為 2015 全球最佳水處理技術獎 (Global Water Award)。

表 3、日本 MBR 水回收案例成本效益分析

規格	中空纖維	平板膜	陶瓷平板膜
孔隙(μm)	0.1	0.4	0.1
材質	PVDF	PVDF	Ceramic
模型式	MF	MF	MF
膜表面積	25 m ² /模組	0.8 m ² /平板	05 m ² /平板
標準通量 Flux	0.4 m ³ /m ² -day (16 LMH)	0.4 m ³ /m ² -day (16 LMH)	0.8 m ³ /m ² -day (32 LMH)
設計通量 Flux	16 LMH	16 LMH	32 LMH
設計成本 (%)	82	79	100
操作成本/年 (%)	190	260	100
總成本/年 (%)	120	140	100

備註：本案例是以工業廢水回收實際處理量: 120 m³/day 作比較基礎
資料來源：2015 日本明電舍資料

三、 大型工業廢水回收應用案例

一般被視為彈丸之地的國家:新加坡,自 10 年前即進行石化工業區之興建,最有名的為裕廊島 (Jurong) 石化工業園區之開發,當年投入 70 億新加坡幣,填海造陸,串連 7 島,面積達 3,200 公頃,此工業區超過 95 家石油及石化工廠進駐與經營,2011 年此工業區之產值達 812 億新加坡幣,佔新加坡整體製造業 29.8%。由於新加坡為嚴重缺水之國家,水回收為其國家重要政策,每年均舉辦水回收技術國際研討會及設備展,廣邀世界各國學者專家及設備大廠參與,更在國內設置最先進之水回收技術與設備,供與會人員現地觀摩。

由於石化業廢水特性複雜,處理困難度非常高,更遑論廢水處理後再回收,有鑑於此,新加坡政府之公共設施委員會 (PUB: Public Utilities Board) 廣邀各大廠針對 Jurong 石化工業區污水處理廠廢水進行模廠 (pilot) 現地測試,經嚴格審查,最後確立陶瓷平板 MBR 膜之技術適用性,2012 年 3 月至 2013 年 3 月完成 4,600 CMD 之廢水處理與水回收實廠之建置,而於 2014 年 3 月完成實廠試車運轉。在 2014 年 6 月新加坡國際水處理及水回收技術研討會及設備展 (Water Week),首次開放給與會人員參觀。

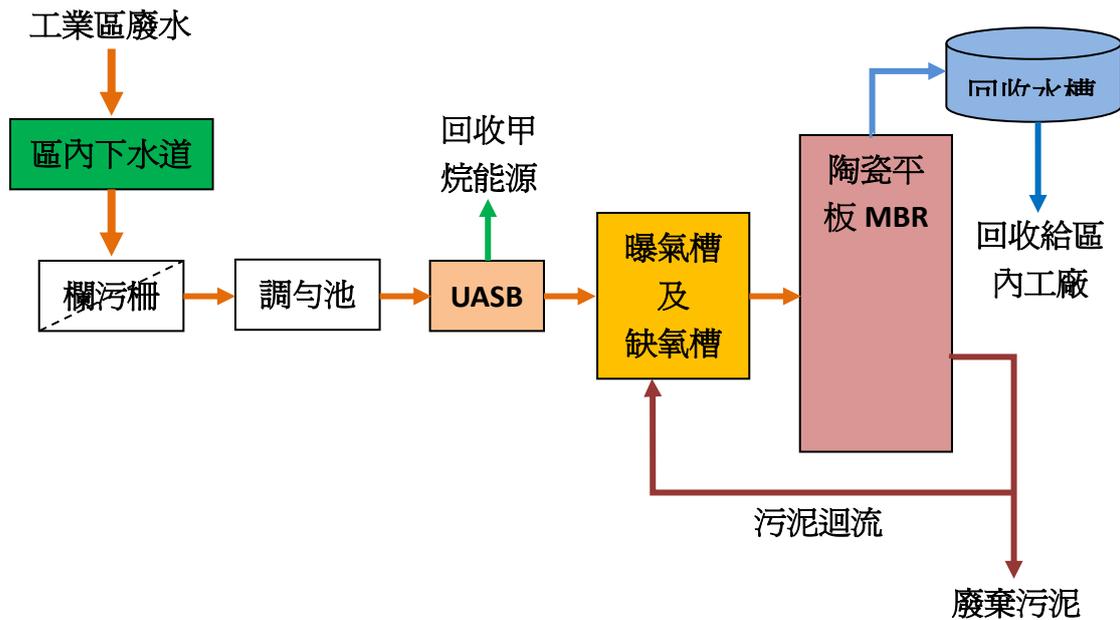


圖 2、裕廊石化工業區污水處理廠處理及水回收流程圖

表 4、裕廊石化工業區污水處理廠處理及水回收成效

水質項目	廢水處理成效	
	原水	處理後出流水
pH	6.8	7.2
COD(mg/L)	2,202	37
BOD(mg/L)	858	5
總懸浮固體	555	< 1
TSS(mg/L)	555	< 1
油脂(mg/L)	89	< 0.5
總氮(mg/L)	85	17
總磷(mg/L)	25	14

回收水量為 4,550 CMD，使用 19,200 片陶瓷平板膜，每片膜面積 0.5 m²

通量 Flux 計算=4,550 m³/d ÷ (19,200 片 x 0.5m²/片)=0.47 m³/m².d=19.5 LMH

由於石化廢水之複雜度高，此通量比一般設計值 (0.8 m³/m².d) 為低，所以前置之模場 (pilot) 試驗確認通量設計參數值就非常重要了。

2015 年新加坡正興建另一處 10,000 CMD 陶瓷平板 MBR 膜水回收廠。

四、 結語

目前國內已有 1 家石化廠完成設置第一期 300CMD 之陶瓷平板 MBR 裝置，正試車運轉中，另有 2 家工廠 (處理量分別為 100 及 40 CMD) 正興建中，此 3

家均設有遠端監控及水體顯微診斷功能，將可藉由此 3 家之設置與操作，確實掌握陶瓷平板 MBR 之設計與使用各項參數，以提升國內此方面之技術，期盼各界亦能參考應用。

參考文獻

1. 「薄膜生物反應器」，工業局廢水處理單元設計及異常對策參考手冊(2006 年更新版)第 14 章，95 年 12 月。
2. 2014 Singapore International Water Week 會議資料 1~5 June 2014.
3. 明電舍 Meiden 株式會社 2015 July 所提供資料。