

實用之廢水生物處理新技術 Odobez 與 MBBR 介紹

林正祥

財團法人中技社綠色技術發展中心專案經理

根據統計，全省總廢水量的 96% 水量，約每年 30 億噸的廢水需經過生物處理才可以達到環保要求，避免進一步地污染環境；可見，生物處理在廢水處理技術上佔有非常重要的角色，如何獲得有效而實用之廢水處理技術，為當前之重要課題。本文即簡單介紹目前已廣泛實用於工廠之廢水處理新技術義大利的 Odobez 及挪威的 MBBR 系統。

一、 Odobez 系統技術概要

Odobez 系統 為一改良型超深層曝氣之高效率活性污泥法，利用高壓幫浦，將欲處理水加壓至 7 大氣壓，取代超深層曝氣槽所提供相當於 70 公尺的高水頭靜壓，這巨大的壓力可獲得高溶氧。高溶氧、充分的曝氣時間（接觸時間）和有效接觸碰撞（接觸面積大於或等於 3000 cm²/g-water）等三個因素結合在一起，使 Odobez 系統生物氧化效果優於傳統曝氣方式，藉著強大的生物氧化力，將微粒懸浮物和溶解性物質轉化成沈降性佳的膠體物質。由此，使得後續處理的化學混凝浮除效率提高，以提升生物活性及生物氧化效率。

1 生物氧化噴嘴操作原理

Odobez 系統當廢水通過生物氧化噴嘴時，內部會產生汲取的力量，藉由連通於大氣的空氣導管汲取空氣。同時，在氧化噴嘴內部，空氣與廢水產生激烈的混合，提高水中的溶氧，也擴大廢水中有機和無機物質與氧的接觸，並且分解和促進混凝效果，為第二階段在反應槽的浮除預作準備。即使在水深 5 m 下，其壓力將保持小於 1 atm。經由高壓之處理水，在該區與空氣產生激烈攪拌接觸，在此狀態下，空氣中之氧分子與水分子接觸面積將大於 3,000 cm²/g-water。當高溶氧與水中可分解之污染物質接觸後，可將污染物質均質化，並轉化成“浮流物質”浮於液面。如此將使池內處理水中所含之溶解氧不致逸散，連續的循環下將可降低廢水中之 COD、硫化物、溶劑等污染物質。

2.廢水處理流程說明：

Odobez 系統廢水處理由兩個主要處理步驟，先是生物高壓氧化槽（V1 槽），其次為化學混凝浮除反應槽（RF 槽）。

(1) 第一階段槽：生物高壓氧化槽(V1 槽)

工廠排水槽先流至 V1 槽，在此進行水質均質化和預處理。V1 槽底部配置有管線和適當數目之高效率散氣噴嘴，藉由高壓幫浦抽取 V1 槽內的廢水，加壓經管線及高效率散氣噴嘴系統不斷的循環迴流。V1 槽的體積大小，可根據實廠的

需求而做個別的設計。此槽通常可以預鑄模板施工法建造在地面上，或部份在地面上，或完全建造於地底下，可依地形限制或特殊需求，而做不同的設計。在 V1 槽內高溶氧將可分解的有機物和部分無機物，分解並轉化成浮在表面上的一層“浮流”物質，此為 Odobez 系統操作運轉時常見之正常現象。V1 槽廢水中的高溶氧，創造出一個“生物醱酵”性且快速分解的環境，降低廢水 COD 和 BOD 值，同時對顏色的去除效果非常顯著。此時，V1 槽並不產生任何污泥。在廢水中保持高溶氧狀態，有以下淨化效果：

(1) 廢水保持“多氧”狀態，因此產生生物氧化除臭之效果。

(2) 廢水中之氣體，產生氣提之效果能將含硫物質、揮發性物質載離至水面上。

(3) 廢水中之“多氧”狀態，創造類似“醱酵性”環境，如此將能降低 COD 含量 40 ~ 60 %，同時也能降低色度。

(4) 由於曝氣管線的完整配置，讓水質達到均質調勻的良好效果。

(2) 第二階段槽：化學混凝浮除反應槽 (RF 槽) 廢水經由 V1 槽處理過後，以固定之流量抽取至 RF 反應槽，於 V1 槽和 RF 反應槽傳輸管線之間添加適當之混凝劑和助凝劑，以提高 RF 槽階段之處理成效。RF 反應槽裝置適當數目之高效率氧化噴嘴，其功能與 V1 槽一樣，但噴嘴數密度較高，產生足夠的氣泡，將經過膠凝過程而形成較大顆粒的物質，有效的予以上浮。上浮後累積在表面上的污泥，藉由刮除器加以去除，污泥經由導管儲存於污泥貯槽，一部份污泥由污泥貯槽迴流至 V1 槽，以減少污泥產量。上述之兩階段處理流程，如果需要，可間斷性操作。不同於傳統性生物處理，此兩階段處理流程其處理效率將不受限於氣候與季節因素而有所變化。依經驗顯示，本系統對廢水之水溫可達 40 。

3.操作與維護：

根據義大利實廠之操作經驗顯示重要的維修、保養工作如下：(1)每天只須利用 90 分鐘檢查處理系統、清除過濾設備及準備藥劑。

(2)大約每操作 15,000 小時須更換幫浦之軸承及軸封。

(3)大約一年一次或每操作 8,000 小時更換浮渣刮除器之潤滑油。

根據上述之保養計畫，在義大利有些保養良好之處理系統連續運轉 15 年仍在運轉。

Odobez 系統可應用於處理溶解性有機污染物 (如 BOD、COD 等) 及各類型的污染工業，世界上已有 41 個實廠在運轉，目前更增加至 66 家實廠，另外有 3 個工廠正規劃設計中，筆者也曾於 87 年 11 月實地訪問義大利之 4 個實廠。Odobez 系統與傳統性活性污泥法比較，有下列之特色：(1)佔地面積小，(2)簡化處理流程，節省操作維修成本。(3)操作費用低。(4)處理效果良好，排放水質穩定。(5)與傳統處理方式互容性高。(6)適應高負荷及多變性負荷。(7)以曝氣時間 24 到 38 小時計算，屬長時間曝氣法，降低污泥產量。(8)減少對環境衝擊 (二次

公害：如泡沫、臭氣等)。

目前國內已有 1 家長纖之染整廠應用此項 Odobez 廢水處理系統，其原水 COD 為 1,000-1,500 mg/L，設計水量為每天 2,000 噸廢，新建 Odobez 系統處理流程如圖 1 所示，相關之設計、操作、及現場評估資料分述如下：

(一) 設計參數與成本分析：(資料來源由國內代理商提供)

如表 1 所示新建 Odobez 系統之處理水量擴增 800CMD，而污泥產生量反而減少 70 噸/月。相關之設置成本及操作成本如表 2 所示，每噸廢水設置成本為 1.7-2.0 萬元/m³，總操作成本為 12.6 元/m³，欲 COD 達到 87 年放流水標準 100 mg/L 以下，所需藥劑與電力成本分別為 8-9 元/m³ 與 3.96 元/m³。

表 1 舊處理系統與新建 Odobez 系統設計參數比較

| | 舊處理系統 | 新建 Odobez 系統 |
|-------------|-------|--------------|
| 設計處理水量 CMD | 1,200 | 2,000 |
| 污泥產生量 (噸/月) | 110 | 40 |

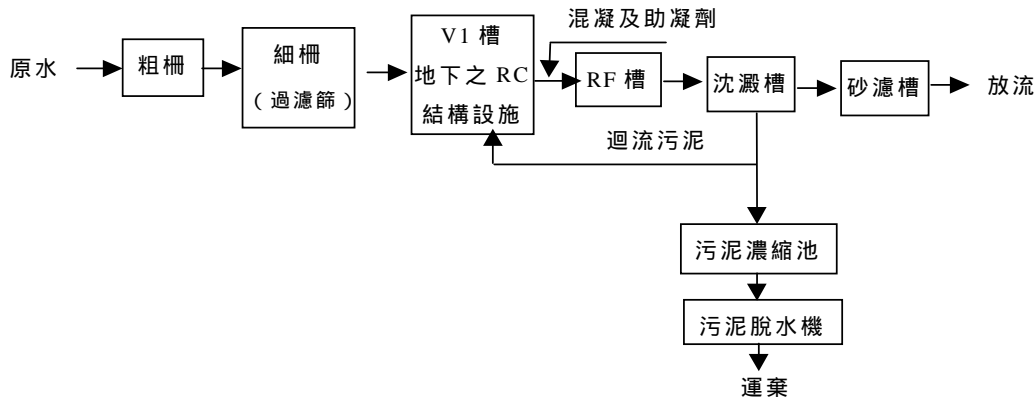


圖 1 國內染整廠應用 Odobez 之廢水處理流程圖

(二) 處理成效：

88 年 11 月 22 日至 27 日期間 4 次實測水質資料如表 3 所示，原水 COD 為 1,000-1,500 mg/L，採用圖 1 所示 Odobez 系統併用過濾處理程序，處理後之放流水 COD 為 82-95 mg/L，均能達到 87 年放流水標準 100 mg/L 以。V1 生物槽之 DO 都維持於 3.5-4.7 mg/，顯示 Odobez 系統充分發揮處理功能。

表 3 國內染整廠應用 Odobez 處理成效實測數據

| 日期 | 88/11/22 | 88/11/23 | 88/11/25 | 88/11/27 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 原廢水 COD (mg/L) | 1,582 | 1,050 | 895 | 1,214 |
| 放流水 COD (mg/L) | 95 | 91 | 82 | 88 |

| | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| V1 槽之 DO (mg/L) | 4.2 | 4.7 | 3.8 | 3.5 |
| pH | 7.5 | 7.7 | 7.7 | 7.8 |

註：資料來源由國內代理商提供

(三) 現場技術評估:

筆者及染整公會人員於 89 年 5 月 26 日到此家工廠參訪並作現場取樣進行顯微鏡觀察與功能評估，發現微生物相中分散狀細菌數量相當多，每一觀察片 (0.05ml 水樣) 約有 4 隻活性良好之鐘形蟲及 4 隻已閉鎖死亡之鐘形蟲屍體，顯示系統有遭受負荷衝擊之情況，經此工廠負責人證實，廢水量於 5 月 25 日高達 2,400 m³，多出原有設計值之 20%。技術評估意見：此家之負荷雖然突增 20% 之水量，但是系統仍能發揮有效的處理功能，在操作上只要將負荷降低或出流水再循環處理，應可讓系統能快速恢復原有之功能。

表 2 國內染整廠應用 Odobez 之設置及操作成本分析

| | | 項 目 | 成 本 |
|------------------|---|------------|------------------------------|
| 設置 成本 | 設備部分 | | 1.35 ~ 1.6 萬元/m ³ |
| | 土建部分 | | 約 0.35 萬元/m ³ |
| | 設置總和 | | 1.7 ~ 1.95 萬元/m ³ |
| 操 作 成 本 | 1. 電力成本 | | |
| | 1.1 生物預處理槽 (V1 槽) : | | |
| | | 運轉時間 | 24 小時/天 |
| | | 總動力消耗 | 78 Kw |
| | | 處理量 | 83.3 m ³ /h |
| | | 電力消耗 | 0.93 KWh/ m ³ |
| | | 每千瓦小時成本 | 2.18 元/KWh |
| | | 預處理之成本 | 2.02 元/ m ³ |
| | 1.2 浮除反應槽(RF 槽) | | |
| | | 運轉時間 | 24 h/24h |
| | | 總動力消耗 | 75 Kw |
| | | 處理量 | 83.3 m ³ /h |
| | | 電力消耗 | 0.9 KWh/ m ³ |
| | | 每千瓦小時成本 | 2.18 元/KWh |
| | | 預處理之成本 | 1.96 元/ m ³ |
| | 電力成本 | | |
| 2. 藥劑成本 | | | |
| | 處理後放流水 COD | 100 mg/L 時 | 8 ~ 9 元/ m ³ |
| | 處理後放流水 COD | 180 mg/L 時 | 4 ~ 5 元/ m ³ |
| 3. 操作人員人事成本 | | | |
| | 1 小時/天 × 150 元/小時 ÷ 2,000 m ³ /d | | 0.075 元/ m ³ |

| | |
|--|--------------------------------|
| 4. 幫浦(Pump) 維修成本 | |
| 每 15,000 小時維修一次 | |
| 15,000 元/次 ÷ (15,000 小時 × 83.3 m ³ /小時) | 0.012 元/ m ³ |
| 總操作成本 | 12.56 NT/ m³ |

二、MBBR 系統技術概要

MBBR (Moving Bed Bio-film Reactor)為流動床生物膜廢水生物處理系統，其生物膜之接觸材是由挪威卡尼茲 (Kaldnes) 公司所開發出來的，如照片 1 所示。此系統已在全球 20 多個國家建立了 200 多套實績，用以去除污水中之 BOD/COD 及氮、磷，其適用範圍十分廣泛。MBBR 是運用生物膜法的基本原理，結合了懸浮性活性污泥法的優點，並克服活性污泥法及生物膜法的缺點及限制。此系統適用於各種類別之污水處理，包括工業廢水及家庭生活污水。運用上可設計為兼/厭氧段與好氧段設計與操作，同時兼俱去除有機物及脫氮除磷之效果。

此種接觸材在生物槽中之填充率可達 67%，可在好氧操作下以空氣攪拌，或在兼/厭氧操作下以機械攪拌，使生物接觸材在水中均勻的懸浮流動。

MBBR 運用彈性大，可用在新建的污水處理廠及現有污水處理廠之提昇。流程之運用，可為純粹生物膜系統、作為活性污泥生物前處理或與於活性污泥槽中直接投入生物接觸材。

MBBR 的技術核心在於比重較水微輕、可懸浮於污水中的 PE 的生物接觸材，濾材俱有廣大的表面積，提供微生物最佳的生長環境。挪威卡尼茲公司並針對不同性質之污水、放流水標準及處理程序開發了一系列不同形狀的生物接觸材，使操作更俱彈性、效果更佳。

(一) MBBR 的優點為：

1. 用地省、設備精簡、操作方便
2. 穩定的生物膜法系統
3. 生物槽之設計俱彈性
4. 現有廠之提昇及擴充十分方便
5. 幾乎不必維修
6. 無須污泥迴流
7. 污泥產量少
8. 此生物接觸材的生物負荷可達一般接觸濾材的 500%。
9. 充分利用生物槽體積，幾乎沒有死角。
10. 可作為既有生物槽遇到突增負荷時的緩衝處理單元。
11. 施工簡單，只要增加少量的機械設備及池槽，便可將現有的系統轉換 MBBR 系統。

12.本系統亦可運用於純氧曝氣法。

(二) 技術規格及特性

總體表面積：800 m²/m³

保守計算之體表面積：500 m²/m³

傳氧效率：8.5g/Nm³.m

硝化效率：400 g NH₄-N / m³.d (150C)

脫硝效率：670 g NO_x-N / m³.d (150C)

BOD₅ 氧化效率：6,000 g BOD₅ / m³.d (150C , 去除率大於 80%)



照片 1 MBBR 接觸材形狀

參考文獻：

1. 林正祥，" 義大利 Odobez 系統廢水處理新技術考察及評估 "，環保月刊，第 1 卷第 1 期，第 168 至 175 頁，90 年 3 月。
2. 三越企業股份有限公司，" 最精簡、最省地的污水處理生物系統 MBBR (Moving Bed Bio-film Reactor) "，90 年 4 月。