

工業廢水處理技術(四)

李公哲*

十、工業廢水之生物處理

工業廢水之主要成分如為生物易分解 (biodegradable) 之有機物，採用生物處理將最為適當。諸如食品廢水、啤酒廠廢水、紙漿及造紙廢水、製革廢水、紡織廢水及乳品廢水均可加以應用，在正常操作下，其處理效果均佳。本節就廢水生物處理原理及處理程序加以說明，以為業者參考。

(一) 廢水生物處理原理

生物處理為目前廢水二級處理最為普遍採用之方法，其主要目的為將廢水中之膠體及溶解性有機物，經由微生物之作用，變為穩定。

過去常將生物分為植物 (plant) 與動物 (animal) 兩界 (Kingdom)，但目前有採用三界之趨勢，即除植物與動物兩界之外，另加一界稱為原生物 (protozoa)，所謂微生物 (microorganism)，即指微細之生物，非用顯微鏡不能觀察其構造，屬於上述三界之微生物列如表十。

界 別	代 表 性 微 生 物
動 物	輪 蟲 類 rotifers 甲 穀 類 crustaceans
植 物	苔 蘚 類 mosses 蕨 類 ferns 種 子 植 物 seed plants
原 生 物 (1)高 等	藻 類 algae 原 生 動 類 protozoa 真 菌 類 fungi 粘 黴 類 Slime molds 藍 綠 藻 類 blue-green algae
(2)低 等	細 菌 bacteria

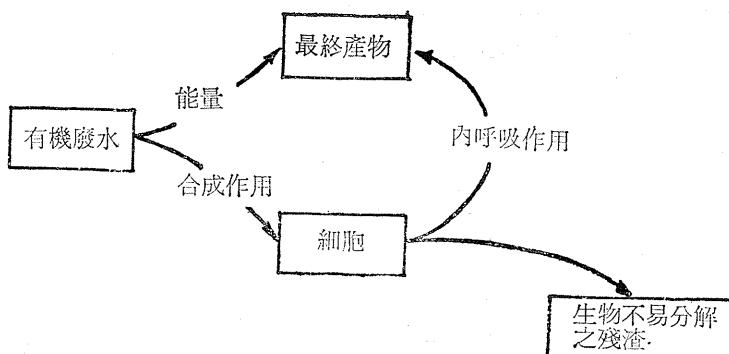
與生物處理有關之微生物主要以原生物為主，其中較高等細胞 (cell) 內含有真核 (true nucleus) 低等者細胞無核膜 (nuclear membrane)，廢水生物處理主要即為利用原生物中之細菌進行新陳代謝作用 (metabolism) 而達有機物穩定之目的。

細菌一方面吸收養分，一方面進行生長與繁殖，細菌有以有機物質為營養者稱異營性 (het-

* 本小組委員
臺大環境工程研究所教授

erotrophic) 細菌，有以無機物為營養者稱自營性 (autotrophic) 細菌，凡以化學物質為營養及能量之來源者稱化學合成 (chemosynthetic) 細菌，也有利用光為能之來源者則稱光合 (photosynthetic) 細菌，惟此種細菌較少。

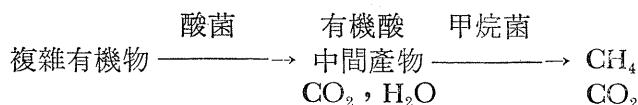
細菌在分解有機物過程中最重要之氧化還原酵素 (enzyme) 反應即為氫之移轉 (hydrogen transfer)，必須要有氫接受物 (hydrogen acceptor) 始克完成，凡細菌以水中自由氧為其最後氫之接受物者稱好氧菌，以含氧之有機物、硫酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽、或二氧化碳等為最後氫之接受物者稱厭氧菌，兩者均可利用者，則稱兼性菌。細菌新陳代謝之結果，有機物則氧化，細胞則合成 (synthesis) 如圖二十二所示：



圖二十二 生物氧化作用之機能

由於細菌之能量移轉方式不同，好氧與厭氧之反應機構 (mechanism) 及其最終產物 (end product) 也各不同。好氧分解 (aerobic decomposition) 時需要耗氧，如能完全氧化，則含碳有機物變成 CO_2 ， H_2O ，含氮有機物變成 CO_2 ， H_2O ， NH_3 ，而 NH_3 可進一步氧化為 NO_2^- ，且 NO_2^- 再氧化 NO_3^- 。含硫有機物則氧化為 SO_4^{2-} 等。

厭氧處理係用以分解及破壞有機固體或分解溶解性有機物變成氣體之最終產物 (參見圖二十三)。揮發酸 (volatile acid) 經醣酵 (fermentation) 後成乙酸 (acetic acid)，丙酸 (propionic acid) 及丁酸 (butyric acid)。這些較長鏈的揮發酸則可被特定的甲烷菌分解轉換成甲烷 (methane)、二氧化碳及有較短的碳鏈的二級揮發酸 (second volatile acid)。二級揮發酸再經醣酵後也再變為甲烷及二氧化碳。惟乙酸可直接變成二氧化碳及甲烷。



圖二十三 有機物之厭氧分解

由上可見在厭氧分解 (anaerobic decomposition) 時，其最終產物多為氣體，其中 H_2S ， NH_3 及部分中間產物，有機硫化物等均具臭氣，陳腐污水，污泥之具有臭氣，發黑，冒泡即此之故。

有機物好氧與厭氧分解最大不同之處如表十一所示：

表十一 好氧與厭氧分解之主要差異

項 目	好 氧 分 解	厭 氧 分 解
合 成 作 用	快	慢
產 物 能 量	低	高
能 量 產 生	高	低
主 要 終 產 物	CO_2	CH_4

(二)廢水生物處理程序

廢水生物處理程序可分為好氧性系統 (aerobic processes)、無氧性系統 (anoxic processes)、厭氧性系統 (anaerobic processes) 及好氧／無氧或厭氧系統等四種。每一系統又可分成懸浮生長式處理程序 (suspended-growth treatment processes)，附著生長式處理程序 (attached-growth treatment processes)，或二者之混合式處理程序，現就其分類所涉及之重要處理法列如表十二(1)：

表十二 廢水生物處理程序

型 式	名 稱
1. 好 氧 性 系 統 (1) 懸 浮 生 長 式 (2) 附 著 生 長 式 (3) 混 合 式	a. 活性污泥法及其改良法 (Activated sludge processes) b. 氧化渠 (oxidation ditch) c. 曝氣式氧化塘 (aerated lagoon) d. 好氧性消化槽 (aerobic digestion) e. 藻類氧化塘 (aerobic algae pond) a. 滴濾池 (Trickling filter) b. 旋轉生物盤 (Rotating Biological Contactor) a. 滴濾池 + 活性污泥法 b. 活性污泥法 + 滴濾池 c. 活性生物濾床 (activated biofiltration)
2. 無 氧 性 系 統 (1) 懸 浮 生 長 式 (2) 附 著 生 長 式	懸浮生長式解硝反應槽 (Suspended-growth denitrification) 固定膜解硝反應槽 (Fixed-film denitrification)
3. 厭 氧 性 系 統 (1) 懸 浮 生 長 式 (2) 附 著 生 長 式	a. 厭氧消化槽 (anaerobic digestion) b. 厭氧接觸法 (anaerobic contact process) a. 厭氧濾床 (anaerobic filter) b. 厭氧塘 (anaerobic lagoon)

4. 好氧式／無氧式或厭氧式	
(1) 懸浮生長式	單段式硝化及解硝反應槽 (single-stage nitrification-denitrification)
(2) 附著生長式	硝化與解硝反應槽 (nitrification-denitrification)
(3) 混合式	<ul style="list-style-type: none"> a. 兼性氧化塘 (facultative pond) b. 厭氧—兼性氧化塘 (anaerobic-facultative lagoon) c. 厭氧—兼性—好氧塘 (anaerobic-facultative-aerobic lagoon)

現將上表所列之廢水生物處理法可用在工業廢水之主要程序，分述如下：

(一) 懸浮生長式系統

1. 活性污泥法及其改良法⁽²⁾

活性污泥法之定義為：一系統在氧之存在下，生長了膠羽狀之微生物，繼續不斷地在系統內迴流，並與有機廢水不斷地接觸。系統內氧之供應係在紊流狀況下，以氣泡注入污泥混合液中，或利用機械，如表面曝氣法等之曝氣設備供應。這些程序包括曝氣及隨後之固體—液體分離 (solid-liquid separation) (即沉澱)。後者並使分離之沉泥迴流至曝氣槽之混合液中與進流廢水接觸。曝氣時包括幾個步驟：(1)首先由於活性污泥之快速吸附作用 (adsorption)，可使懸浮膠體及溶解之有機物形成膠羽狀。(2)吸附之有機物，繼續不斷地氧化及合成，俾使有機物由溶液中去除。(3)進一步的曝氣，可使污泥繼續氧化及分散。

各種不同之活性污泥處理過程中，以家庭污水而言，其 BOD 之主要部份係以懸浮及膠體形態存在，故於極短的時間內懸浮性 BOD 膠凝聚絮，而膠體性 BOD 即被吸附。以傳統式活性污泥法處理時，這些懸浮性、膠體性及溶解性 BOD 可於 4 至 6 小時內被除去。欲維持污泥之好氧活性，曝氣槽中之溶解氧至少應達 0.5 mg/l 。如欲完成硝化作用 (即微生物之氧化作用使氮變成硝酸鹽)，則停留時間必須延長足使硝化菌能生長。欲使消化菌達最大之活性，則曝氣槽中須有較高之溶氧 (大於 2.0 mg/l)。經過硝化作用後，溶解氧可容許達於零，活性污泥中之微生物，將使硝酸鹽變成氮氣，即解硝作用。

現就目前一般採用之活性污泥及其改良法 (modification) 分述如下：

(1) 傳統式活性污泥法

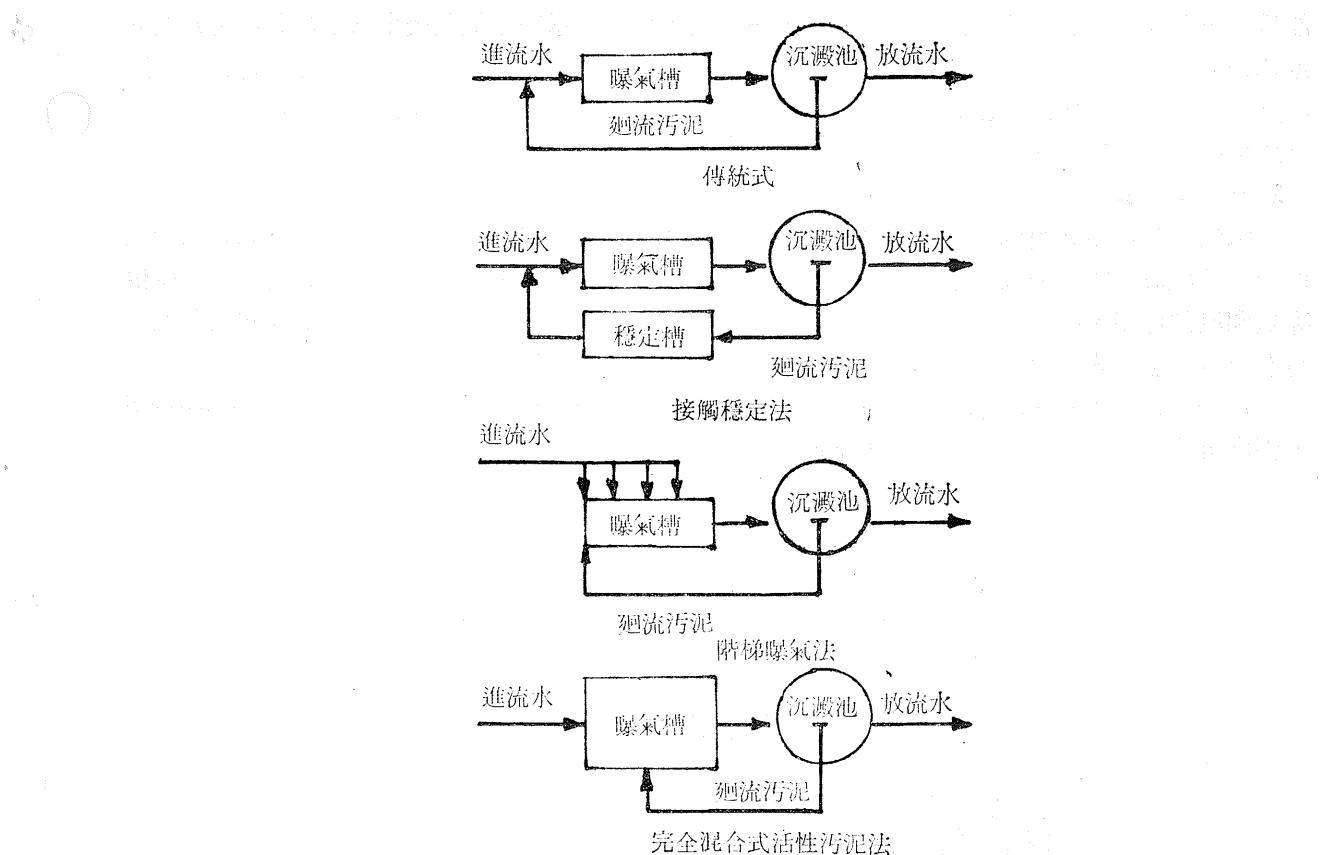
傳統式活性污泥法之處理程序包括以下四項不同功能之設備：(1)初步沉澱以除去廢水中可沉降之有機及無機固體。(2)將廢水和活性污泥之混合物曝氣。(3)用沉澱法將活性污泥從已處理液中分開。(4)迴流之沉降生物污泥使與進流原廢水混合 (見圖二十四)。

傳統式活性污泥法之操作可以下列二種方式之一進行：

①線性流型 (plug-flow-type) 系統：廢水與迴流污泥 (return sludge) 在曝氣槽之前端混合。線性流型之改良為使混合後廢水經過曝氣槽 (aeration tank) 有著縱間混合。這種型式如圖二十四所示。

②完全混合型系統：現在很多污水處理廠之建造原理均基完全混合原理。在此情形下，迴流污泥和廢水分別進入曝氣槽而在槽中得以完全混合，其優點為減小突增與洪峯濃度，及調勻進流廢水之水量水質變化。

於完全混合系統中，在曝氣槽之任何部份，其攝氣速率均是相同的，故設置之曝氣設備必須等距。



圖二十四 活性污泥處理程序

(2) 接觸穩定法：

廢水若與曝氣良好之活性污泥接觸，經生物吸附作用 (biosorption)，即可除去大量之 BOD，則可採用接觸穩定法（見圖二十四）。這種處理方法係使廢水與穩定之污泥接觸30至60分鐘，混合液中之污泥經沉澱槽分開後流入穩定槽 (stabilization tank)，除繼續曝氣而使氧化完全外，並使污泥與新進流廢水接觸以去除 BOD。若 BOD 之除去率太低，以致於短時間內不能達到所欲之總去除率時，則應延長接觸時間以達到需求。初期之去除率係視污泥及廢水之特性而定。這種處理最適用於城鎮污水，因其含有大量以懸浮狀態存在之 BOD。

(3) 階梯曝氣法

階梯曝氣法 (step aeration) 係以經初步沉澱池之出水，沿着曝氣槽，分由數處進入與混合液混合，以平衡有機負荷及需氧率。迴流污泥由曝氣槽前端進入，而初步沉澱池出水則藉著隔流牆分由數處加入於曝氣設備旁（見圖二十四）。曝氣停留時間一般為 2 至 4 小時。迴流污泥率經常保持於平均污水流量之百分之 25 至 35。操作結果與傳統式活性污泥法相近。階梯曝氣法一般可視為介於傳統式之線性流型與完全混合型活性污泥法之間。

(4) 延長曝氣法

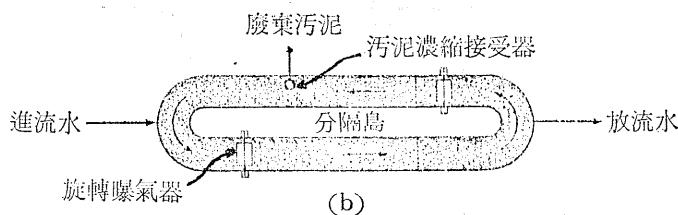
延長曝氣式處理之理論依據為：提供足夠之時間，使經合成作用產生之污泥，其中易分解之

部份完全氧化。理論上講，此種處理產生過剩污泥，係由經過完全氧化後生物不易分解之殘渣。過剩污泥之排除如係由曝氣槽以排出混合液方式加以達成，則實際過剩污泥之排除量常為實際殘渣之兩倍。延長曝氣法現已廣泛地用於處理小型社區之家庭污水，娛樂區污水及水量小於每日二百萬加侖之工業廢水。

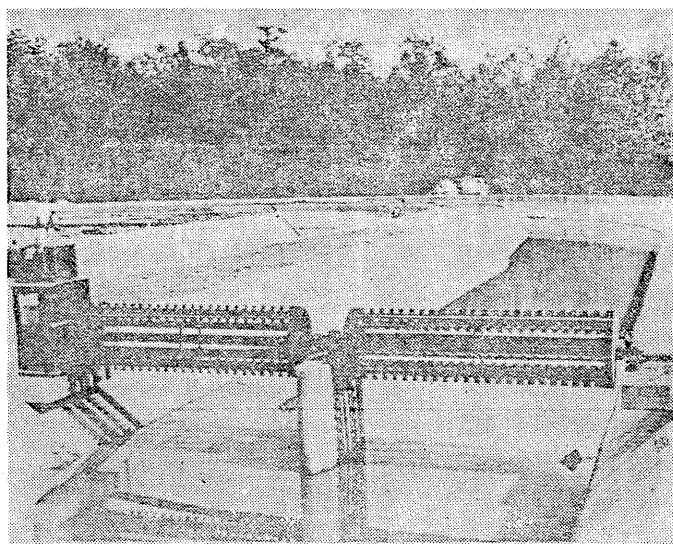
2. 氧化渠

本法最先使用在荷蘭的一些小鎮，後來漸漸推廣至歐洲其他國家及美國。氧化渠如圖二十五所示，其組成為約 1 公尺深之環形渠，設有旋轉式曝氣器（aeration rotor），使渠內之廢水產生曝氣和流動作用，廢水流速約在 0.3 至 0.6 m/sec 之間，圖二十五所示為一間歇操作式氧化渠，另有改良的連續式氧化渠⁽¹⁾。圖二十六所示為一典型之旋轉式曝氣器⁽³⁾。

1950 年代，Pasveer 鑑於傳統式氧化渠佔地面積過大，特發展出深型氧化溝，稱為 Carrousel，深度可 3 公尺以上，可節省所需工地面積。



圖二十五 間歇操作式氧化溝



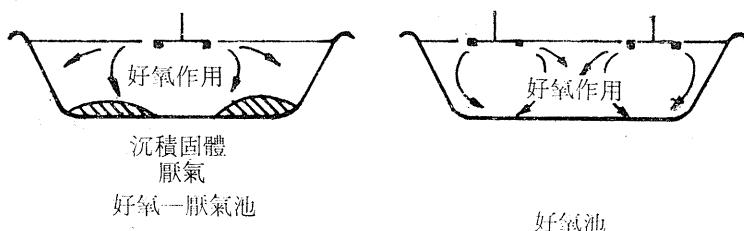
圖二十六 典型之旋轉式曝氣器

3. 曝氣式氧化塘

曝氣式氧化塘深為 6 至 12 呎 (1.8 至 3.6 公尺)，氧之輸送除靠機械或散氣裝置曝氣外，部份並由產生之表面曝氣而達成。曝氣式氧化塘分為兩種類型：其一為好氧池，使所有固體均呈懸浮狀。其二為好氧一厭氧池，係池內保持紊流狀態，使氧氣得以輸入，但不足於使所有固體均呈懸浮狀。

好氧池內由於固體粒子呈懸浮狀，故放流之懸浮固體即等於池內之固體，所以須有污泥分離沉澱及處理裝置。好氧池可視為活性污泥法之改良，是一種非常實用處理法。

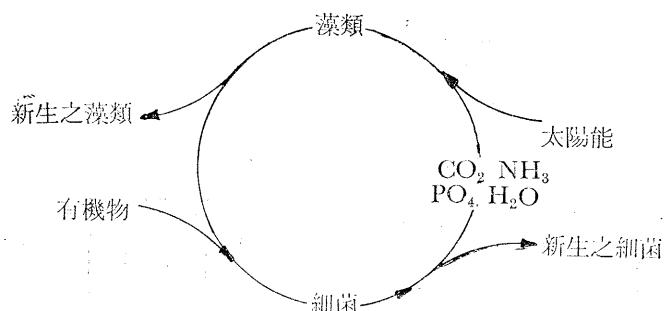
在好氧一厭氧池內，較大懸浮固體及不易氧化之生物固體部份均沉於池底，進行厭氧分解。也可增設分開之沉澱池，將可改善放流水質。曝氣式氧化塘之主要型式如圖二十七所示。



圖二十七 曝氣式氧化塘型式

4. 藻類氧化塘

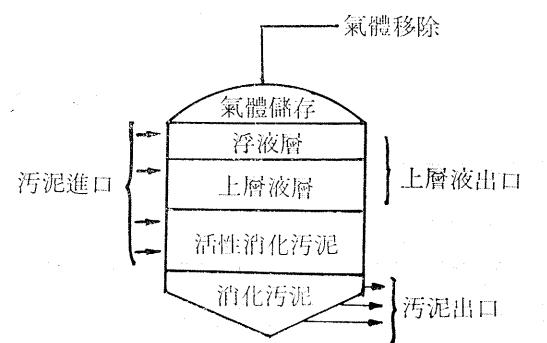
此藻類氧化塘乃利用藻類和細菌構成一循環共生關係 (Cyclic-symbiotic relationship) 如圖二十八所示。藻類行光合作用放出氧供細菌利用，而細菌放出 CO_2 和營養分供藻類利用，同時靠藻類產生足夠的氧供應 BOD 之需氧量。因陽光對於藻類之生長深具影響，故池塘深度一般限制為 6 至 18 尋 (15 至 45 公分)。藻類氧化塘最大負荷可為 100 至 300 磅— $\text{BOD}_u/\text{畝}/\text{日}$ (112 至 336／公斤— $\text{BOD}_u/\text{公頃}/\text{日}$)。每天必需攪拌藻類氧化塘數小時，以維持整個塘內呈好氧狀況。



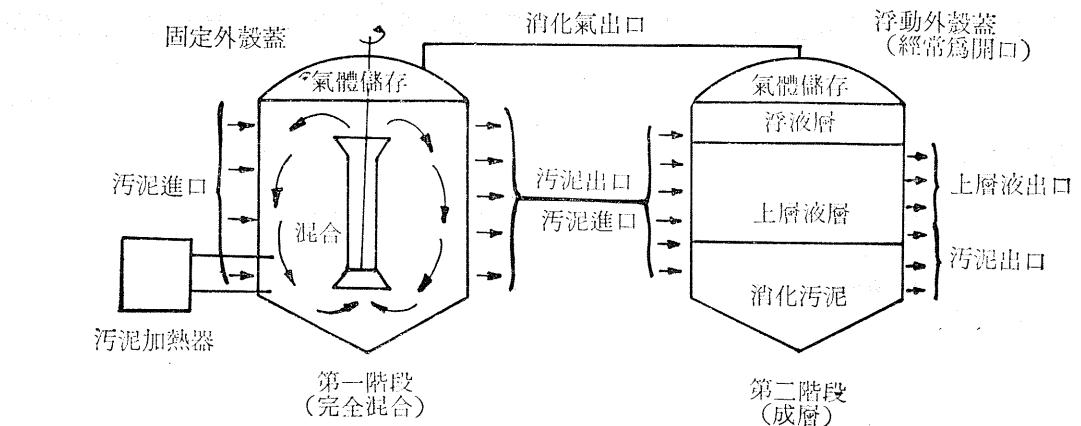
圖二十八 藻類和細菌的循環共生關係圖

5. 厥氧消化槽

一般厥氧消化目的在減少污泥的體積，同時將污泥中之有機物，分解為較穩定之有機物及無機物，並放出二氧化碳 (CO_2) 及甲烷 (CH_4) 氣體，污泥消化後，利於脫水。厥氧消化槽通常分成單段式傳統消化及二段式高率消化分如圖二十九及三十所示。



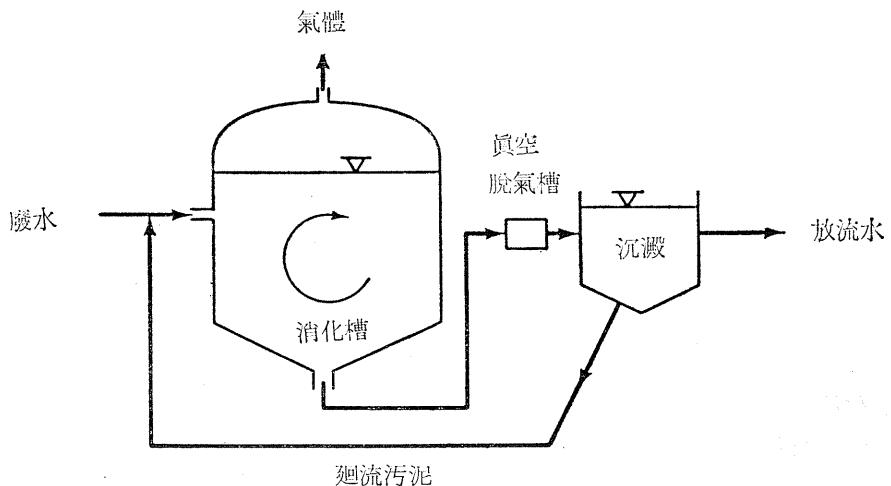
圖二十九 單一階段傳統式消化過程示意圖



圖三十 二階段消化過程示意圖

6. 厥氧接觸法

厥氧接觸法（如圖三十一）甚合適用來處理高有機濃度之有機性工業廢水。由圖三十一可知，此法甚接近於活性污泥法。從厥氧反應槽內流出來的放流水先經一個真空脫氣槽（degasifier），然後再經由一沉澱池固液分離後，沉下之污泥再回流至原來之厥氧反應槽內。此法用在啤酒廠水及肉類魚類廢水等之處理，已獲相當大的成功⁽⁴⁾⁽⁵⁾。



圖三十一 厥 氧 接 觸 法

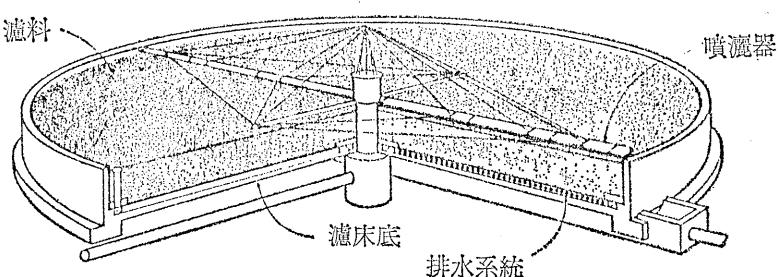
(四)附著生長式系統

1. 滴濾池

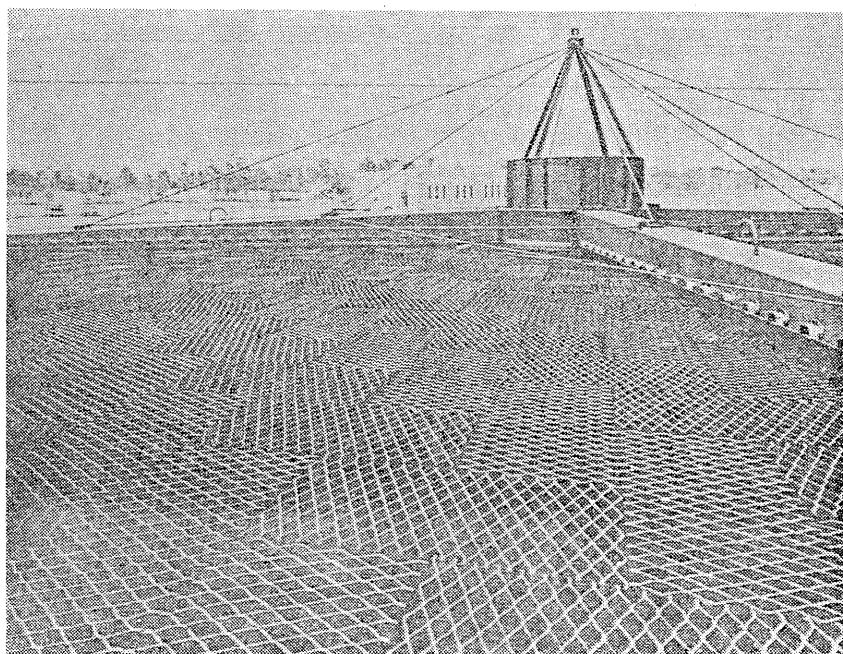
池中填置之滴濾濾料通常為2至4吋（5.5至10公分）之石子，池深3至8呎（1至2.5公尺）。近年來採用塑膠滴濾濾料（比表面積20至35平方呎／平方呎），池深可達40呎（12公尺）。處理含碳有機廢水，BOD 可由生物膜去除，為避免濾池之阻塞（plugging）及圍水（ponding），建議採用之最高塑膠滴濾料表面積值為30平方呎／立方呎。圖三十三所示為一塑膠濾料滴濾

池⁽³⁾。

滴濾池係於池中裝滿滴濾濾料 (media)，滴濾濾料表面覆蓋着一層生物膜 (slime)，廢水由此滴濾通過。氧氣與有機物靠擴散作用進入生物膜，氧化合成作用在此進行。相反地，最終產物 (二氧化碳、硝酸鹽等) 則擴散進入通過之廢水，隨著滴濾池之放流水而流出。滴濾池之全貌如圖三十二所示。



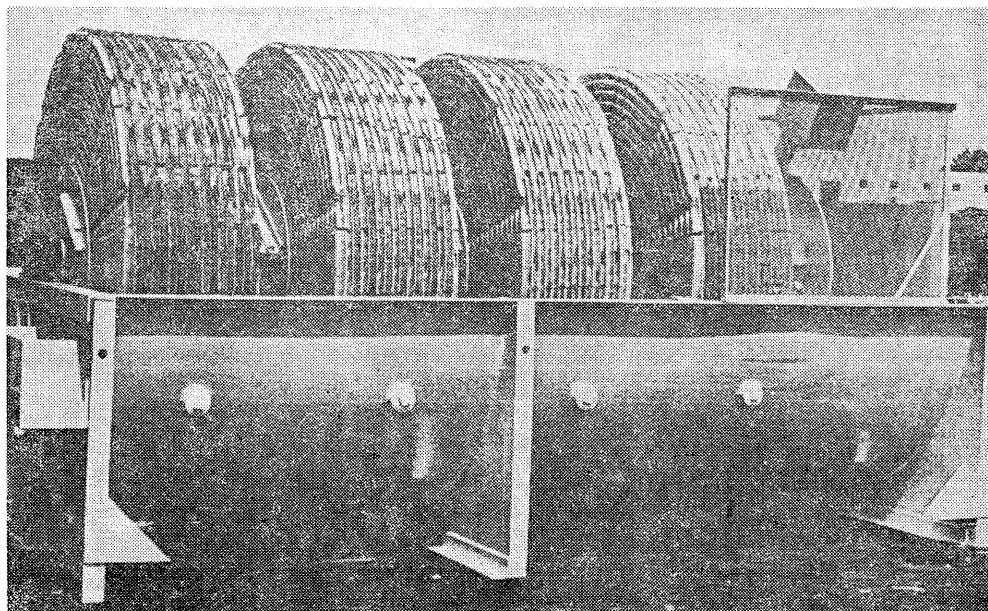
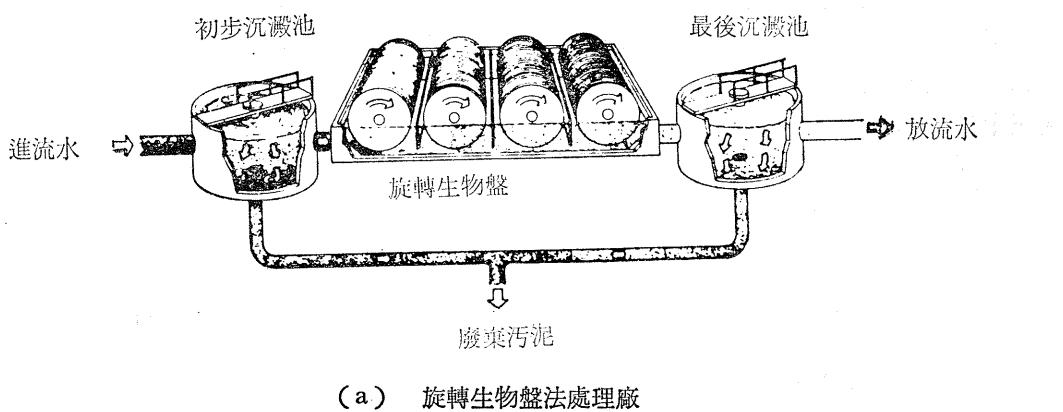
圖三十二 滴濾池的剖面圖



圖三十三 典型之塑膠濾料沉澱池

2. 旋轉生物盤

旋轉生物盤法(簡稱 RBC) 為利用附著於圓盤上之好氧性微生物羣以去除有機性廢水中之有機物。通常旋轉生物盤為一連串圓盤分成數段，其直徑之40—70%浸於接觸槽的水中，這些微生物羣隨著圓盤的旋轉，自空氣中吸收氧而好氧分解廢水中之有機物。通常在旋轉生物盤後接一沉澱池，以分離自圓盤表面脫落之微生物膜。典型之旋轉生物盤如圖三十四所示⁽⁴⁾⁽⁵⁾。



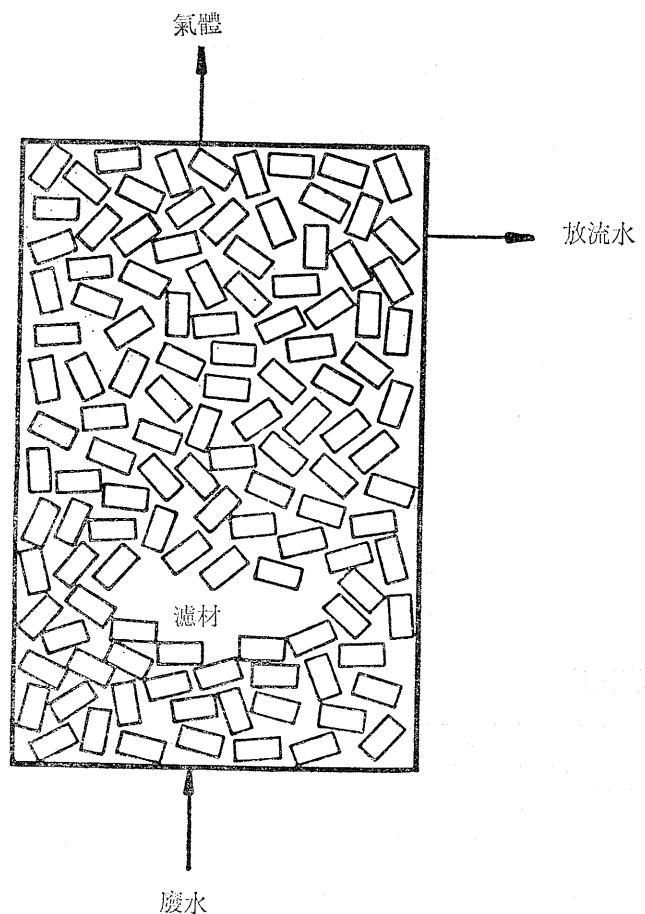
(b) 典型之旋轉生物盤

圖三十四 旋轉生物盤法

3. 厚氧濾床

厚氧濾床目前也被認為處理高或低強度有機性工業廢水最有效方法之一。

厚氧濾床通常為上向流 (upflow)，而濾床內填有碎石或合成材料，好氧化微生物就附著生長在濾料上。此法之優點為主要產生之氣體係在濾床底部。當氣體由底部上升時，也可造成濾床內之混合，將可避免濾床底部PH過低。厚氧濾床之示意圖如圖三十五所示⁽⁶⁾。

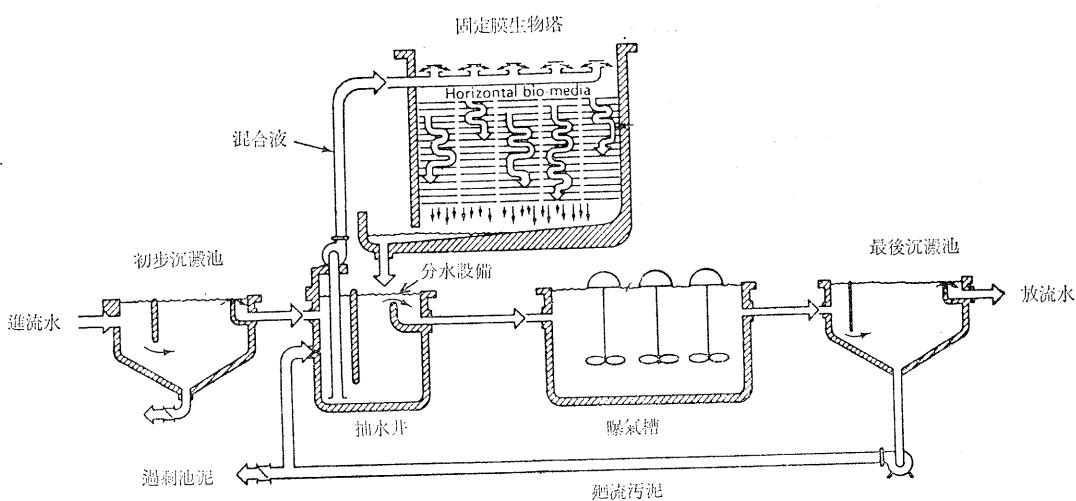


圖三十五 厭 氣 濾 池

(b) 混合生長式系統

這個系統包括有滴濾池後接著一個活性污泥法，或活性污泥法後接著一個滴濾法。然目前正在發展中，且對家庭污水及多項有機性工業廢水（如食品廢水）之處理已獲致相當成功之另一方法稱為活性生物濾床⁽⁴⁾（如圖三十六所示）。

活性生物濾床係結合一個附著生長式之固定膜生物塔（fixed-film bio-cell）與廻流通過生物塔中濾材之活性污泥系統。如圖三十六所示，活性污泥曝氣槽停留時間約1個小時，紅木（redwood）組成生物塔之濾料高度約14英呎。此法具操作穩定及節省土地面積之優點，且可將生物塔添加在已有之活性污泥法曝氣槽之前，可提高改善已有廠之處理效果。



圖三十六 活性生物濾床

(五)廢水生物處理之影響因素

常用廢水生物處理之是否有效與操作之環境因素有關，重要之影響因素有：

1.溫度：由於微生物生長之最適溫度範圍不同，一般可將微生物分為三類（表十三）

表十三 以溫度為準之微生物分類

類 別	生長範圍°C	最佳範圍°C
嗜 冷 性	— 2—30	12—18
嗜 溫 性	20—45	25—40
嗜 熱 性	45—75	55—65

生物在其生長之溫度範圍內，溫度愈高，新陳代謝作用愈快，大約每增高 10°C ，作用速率即增大一倍，一般應用於廢水處理之細菌多屬於嗜溫性。

2.pH 值：除少數微生物外，大都均在 pH 6 至 8 之範圍內生長最好，pH 過高或過低均影響微生物酵素之電離，變性，或基質之離解。

3.有機物之本質：有些有機物可為微生物所分解，有些則否，生物可分解者，其分解之程度與速率也視有機物之性質而異。

4.毒性物質：廢水如含有對微生物有毒之性質，則微生物無法生長而影響生物處理之效果，此等毒性物質如有機之酚，抗生素、酮、醛、季銨化物等，無機之重金屬、鹵素及鹽類等。

5.氣接受物：氣之最終接受物在好氧時為自由氧，在厭氧時有 NO_3^- , NO_2^- , $\text{SO}_4^{=}$, CO_2 及

有機物等，如缺少此等物質則廢水無法完全穩定分解。

6. 養分：微生物細胞各有其一定之化學組成

好氧菌	$C_5H_7O_2N$
厭氧菌	$C_5H_9O_3N$
原生動物	$C_7H_{14}C_{3n}N$
藻類	$C_5H_8O_2N$
黴菌	$C_{10}H_{17}O_6N$
酵母菌	$C_{13}H_{20}O_7N_2$

工業廢水中之活性污泥 $C_{118}H_{170}O_{51}N_{17}P$ 由上知微生物細胞中，除其構成元素 CHO 外，尚有 N,P,S 及其他微量元素 Na,K,Ca,Mg,Fe………等一般廢水中微量元素不致缺少，而 N,P 則常為某些工業廢水生物處理之阻制因子 (limiting factor) 必須加以補充，否則影響處理之效果。

7. 其他：如方法之選擇，處理及控制設備有機及水力負荷，微生物濃度，適應之微生物以及管理，操作與維護等均為廢水生物處理之重要影響因子。

十一、化學處理與生物處理之比較

工業廢水種類繁多，性質各異，採化學或生物處理，各有利弊，現舉如下表所示：

項 目	化 學 處 理	生 物 處 理
出水穩定性	好	稍 差
污泥	較難處置	較 易
操作控制	易	難
操作費用	高	低
腐蝕性、刺激性	大	小
藥品貯存	必需	無 需
處理所需時間	快	慢
前處理之需要	不一定	必 須
負荷之變化	易適應	不 易

十二、工業廢水處理技術之應用⁽²⁾

(一) 紙漿及造紙廢水

紙漿及造紙工廠可視原料處理方法之不同而有不同之操作程序。紙漿工廠製造程序包括木材處理，製漿 (pulping)、篩選、清洗、壓縮及漂白。造紙廠之操作程序包括原料處理、抄紙機操作、調整 (converting) 及整理 (finishing) 等程序。

幾乎製漿及造紙之每個程序均可產生廢水，而其廢水之主要來源為製漿、漂白及造紙諸過程。廢水中含有懸浮固體 (紙漿及纖維)，而由蒸解液，木材中之糖份產生 BOD，由黑液及備料室所加化學品產生顏色。

紙漿及造紙廢水處理一般可分為初步及二級處理。懸浮固體 (紙漿及纖維) 由沉澱或浮除法

除去（某些情形下需加助凝劑）。生物處理法可用活性污泥法或污水塘（曝氣或不曝氣）處理。惟需加入氮及磷等養分。生物處理並不能除去細微之懸浮固體及顏色。紙漿廢水處理所產生之污泥可用離心法 (centrifugation) 或真空過濾法 (vacuum filtration) 脫水。目前使用中之各種不同廢水處理法之處理效率如表十四所示。

表十四 紙漿廢水處理去除率

	SS, %	BOD, %	COD, %	色度%
沉 澱	60-90	10-40	10-30	<10
溶 解 空 氣 浮 除 法	70-95	20-50	10-40	<10
穩 定 池	<90	30-50	—	<10
曝 氣 式 氧 化 塘	—	40-85	30-60	<10
活 性 污 泥 法	70-98	<95	<70	<30

(二) 紡織廢水

紡織業可由產品之不同而分成主要之三類，即羊毛紡織與加工，棉紡織與加工與合成紡織與加工。紡織與加工一般分為四個主要的程序：(1)去污 (scouring)(2)染色 (dyeing) 及 (或) 印花 (printing)(3)漂白(4)特殊整理。

紡織廢水之水量與水質與纖維之種類及操作之方法之不同而不同。較進步之技術包括逆水流連續清洗，較佳之油脂回收，並以污染性較低之化學藥劑取代污染性較大者。

紡織廢水之處理方法通常為生物處理，其前處理包括中和，油脂之去除及其他。不同之處理方法及平均之去除率如表十五所示。

表十五 廢水處理程序及效率^a

(減少百分比，%)

處 理 程 序	BOD	色 度	鹼 度	SS
沉 澱	30-50 ^b 5-15 ^{c,d}	10-50 ^b —	10-20 ^b —	50-65 ^b 15-60 ^{c,d}
化 學 處 理	20-85 ^{b,c}	<75 ^b	—	—
混 污 水 塗	25-60 ^c <85 ^b <80 ^c	— <30 ^b —	— <20 ^b —	<90 ^c <70 ^b <80 ^c
曝 氣 式 氧 化 塘	— <95 ^{c,d}	— —	— —	<95 ^{c,d}
活 性 污 泥 法	<90 ^b <95 ^{c,d}	<30 ^b —	<30 ^b —	<95 ^b <95 ^{c,d}

a 表內數字代表減少百分比 (%)

b 羊毛加工

c 棉毛加工

d 合成纖維

e 硫酸+明礬或硫酸+氯化亞鐵或以酸分解經離心或蒸發後回收之回收 NaOH

(三) 罐頭食品廢水

製造過程產生之廢水量及水質視原料之種類、製品水力輸送之範圍，製造用水循環使用之情形及廠內固體廢物之排除方式而定。熱鹼去皮、分類切片、罐頭之清洗及冷卻及清洗工廠均會產生大量之污染物。

目前超過百分之六十的罐頭食品廢水均排入都市下水道系統中（以美國而言）。由於罐頭食品廢水易於被生物分解，故適於以生物處理，不過在某些情況下，補充的養分（如氮及磷）必須加入。目前主要遭遇的問題是許多罐頭工廠有其季節性變化，以及大塊物質之排放，前者造成廢水處理廠的超負荷，後者造成處理之困難。減少上二者問題之辦法是儘可能廠內用水再用及適當前處理（pretreatment），即篩濾或濃廢水之調勻。

郊區罐頭食品廢水處理的最普通之方法為污水塘（lagooning）及灑灌法（spray irrigation）。若用厭氧塘（anaerobic lagoon）處理則須加入硝酸鈉以控制臭味。

若土地面積許可，則可用灑灌法，此法主要的限制是灑灌地區土壤吸收能力之好壞，灑灌量由40至250加侖／分／英畝（0.0339至0.295公升／分鐘／平方公尺）不等。

罐頭食品廢水之生物處理固屬可行，但往往因為罐頭種類之季節性變化而使生物處理效果極為不佳。一般均採用曝氣式氧化塘（aerated lagoon）來處理。不同處理方法之效果如表十六所示。

表十六 罐頭食品廢水處理效率

方 法	污 染 減 少 %		
	流量／地面水	BOD／地面水	SS／地面水
篩除 20—40 號	0	0—10	56—80
沉澱	0	10—30	50—80
浮除	0	10—30	50—80
化學沉降	0	39—89	70—90
化學氧化	—	—	—
活性污泥	0	59—97	90—95
滴濾	0	36—99	85—90
厭氧	0	40—95	—
汚水	0—50	83—99	50—99
灑灌	50—100	100	100
砂濾	50—100	15—85	100

(四) 製革廢水

由鞣革產生之廢水含有石灰及硫化物，pH 很高，BOD 及懸浮固體亦高，鉻鞣革則有三價鉻之產生。

據估計，不久的將來，美國國內之製革廢水將有百分之八十被排入都市下水道中，但製革廠應先將廢水中之毛髮，油脂，及雜物除去以免阻塞下水道。有時廢水中之硫化物會造成混凝土管頂部之腐蝕。皮革廢水之高程度處理效果仍屬可能，但若製革廢水量佔都市家庭污水量之大部份

，則需考慮先予調和，以免過高 pH，鉻、及硫化物之含量，造成突增負荷，並妨礙了都市污水二級處理廠之處理功能。

製革廢水單獨處理時，因處理方法之不同，放流水水質亦不同，其處理效率如表十七所示。

表十七 製革廢水處理效率

程 序	去 除 率 %		
	BOD	SS	硫化物
篩除	—	5-10	—
沉澱	25-62	69-96	5-20
混凝	41-70	70-97	14-50
污水塘	70	80	—
活性污泥法	85-95	80-95	75-100

(五) 煉油廢水

使用重力式油水分離器為煉油工業廢水處理之第一步，第二步則常用空氣浮除法，可加或不加化學混凝劑。生物處理法有活性污泥法、滴濾法、曝氣式氧化塘或氧化塘 (oxidation pond) 法等，可用於處理油水、酸水及廢鹼水，但需先除去油類及限制廢水中硫化物、硫醇及酚類之濃度。

生物處理法處理前若裝設酸水提除器可去除硫化物。如溫度及 pH 值適宜，廢水中之酚類及氰化物 (cyanide) 等也可被提除。各種處理法之處理效果如表十八所示。

十八 煉油廢水處理效率^a

	MPPI ^b	BOD	COD	酚類	硫化物	懸浮固體
物理處理法						
API 分離器	R.W.	5-35 ^c	5-30 ^c	稍減	無	10-50
Earthen 分離器	R.W.	5-50	5-40	稍減	無	10-85
不加化學藥劑之空氣浮除法	API eff.	5-25	5-20	無	稍減	10-40
化學處理法						
不加化學藥劑之空氣浮除法	API eff.	10-60	10-50	無	稍減	50-90
化學混凝及沉降	API eff.	10-70	10-50	無	無	50-90
生物處理法						
活性污泥法	API eff.	70-95	30-70	55-99	90-99	60-85
曝氣式氧化塘	API eff.	50-90	25-60	65-99	90-99	0-40
滴濾池	API eff.	50-90	25-60	65-99	80-99	60-85
氧化塘	API eff.	40-80	20-50	65-99	70-90	20-70
三級處理法						
活性炭	SEC. ^d eff.	50-90	50-90	80-99	80-99	無
臭氧	SEC. eff.	50-90	50-90	80-99	80-99	無

^a 表中數字代表去除百分率 (%)

^c 不包括自分離出之油產生之 BOD 及 COD

^b MPPI (最可能之程序入流水) 表示預先處理之種類及程度 ^d 化學或生物處理

(六) 煉鋼廠廢水

鼓風爐及軋鋼廠廢水中之懸浮固體可藉沉澱除去之。去除率(放流水之懸浮固體量少於 50 mg/l)可經加助凝劑而提高之。混凝及沉澱或浮除用以去除乳化油及自由油。酚及氰化物可由生物氧化法分解之。電鍍廢水可以離子交換或氧化還原沉降法處理之。濃度高之廢水可注入深井中。廢酸液若不加以再生則中和後排放之。不同之處理程序及一般之去除率如表十九所示。

表十九 煉鋼廠廢水處理一般去除率

程 序	去 除 百 分 比	
	懸 浮 固 體	潤 滑 油
沉 澱	90-94	20
混 凝	95-98	80
迴 流 及 沉 澱	96-98	60
迴 流 及 混 凝	98-99	90
磁 性 分 離 器	80	

十三、結 語

工業廢水處理技術之應用，可分成兩個層次，即首先應考慮「廠內改善」(In-plant Modification)，尋求從污染源減少污水量及污染物，甚至水再用(water reuse)之可行性，然後才考慮「管末處理」(End-of-Modification)，即廢水處理之必要性，才能達到一個真正經濟且有效(cost effective)的工業廢水污染防治計劃。

參 考 資 料

1. Metcalf & Eddy, Inc., "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal & Reuse", McGraw-Hill, 1979.
2. 李公哲譯「水質工程學」中國工程師學會，民國69年
3. J. W. Clark, W. Viessman, Jr., & Mark J. Hammer "Water Supply and Pollution Control" 3rd Edition, IEP-A Dun-Donnelley Publisher, 1977
4. L. D. Benefield & C. W. Randall, "Biolizical Process Design for Wastewater Treatment" Prentice-Hall, Inc. 1980.
5. U. S. EPA "Environmental Pollution Control Alternatives: Municipal Wastewater" EPA-625/5-76-012.
6. W. W. Echenfelder, Jr., "Principles of Water Quality Management," CBI Publishing, 1980.