

工程實務

氧化渠技術於廢水中氮、磷去除之應用

鄭清宗*

一、前　　言

氧化渠法廢水處理技術是在1950年代在荷蘭發展出來，主要是為了處理小市鎮之生活污水。基本上氧化渠法為一種延長曝氣之活性污泥法。目前氧化渠可分為三種類型：1.連續流式並附有分離之沉澱池。2.連續流式但無分離之沉澱池。3.間歇流式，且無分離之沉澱池。氧化渠法之前處理一般僅需攔污及除砂設備，而不需初級沉澱池。

氧化渠法是在1962年引進至丹麥，截至目前已經有300多座氧化渠法污水廠，約佔丹麥所有採用生物處理法污水廠數目之40%。

本文將介紹之氧化渠法，係由丹麥I.Krüger公司與丹麥科技大學環境工程系所研究開發之「分段氧化渠技術(phased isolated ditch technology)」，其特點為藉由氧化渠之操作程序控制，而附帶達成脫氮及／或脫磷之效果。

二、氧化渠法生物脫氮與脫磷原理

1930年代在哥本哈根北部的一處小湖泊即有因生物處理後之污水排入，而導致優養化之問題發生。有一段時間大家都認為水體優養化主要是因為磷而引起的，但是經過研究後，發現氨經氧化成硝酸鹽後會造成水體中嚴重的溶氧耗竭。氨若處於非離子態(NH_3)的狀態，對魚類是有毒的。在丹麥由於河川水體中經由水生植物的光合作用，使水中之鹼度提高，pH值亦隨之升高，因此排入河川之污水中所含之氨將因高pH值而轉變為非離子態之 NH_3 ，故污水處理需達到硝化(Nitrification)程度之問題在1970年代即因此受到重視。

2.1 生物脫氮方法(Bio-Denitro Process)

因為氧化渠法之設計固體停留時間(SRT)相當長，且放流水均已達到硝化之程度，因此只要改變一下氧化渠中之操作狀況，使其處於無氧狀態，即可達成脫氮之效果。此

*中鼎工程股份有限公司環境工程專案設計經理
工業污染防治技術服務團副團長

種藉著氧化渠生物脫氮的方法是在1972年由丹麥科技大學環境工程系的教授及研究人員所發展出來的，並於當年應用於實際之污水處理廠。

此種生物脫氮方法在丹麥已經應用於十幾個都市污水或工業廢水處理廠。此種方法可以藉著進流廢水中提供脫氮過程中所需之碳源，而減少所需之曝氣量，達到能源節約之目的。

2.1.1 有機物之去除與硝化作用

對於懸浮生物處理系統而言，祇要是溫度、pH值及溶氧量等環境因子適合，且污泥停留時間(SRT)長的話，則除了可達到廢水中之有機物去除效果外，亦能達成相當程度的硝化作用(nitrification)。

硝化作用之達成可分為兩個步驟，首先微生物消耗廢水中的有機物，而將有機氮(Organic-N)轉化為氨氮(NH₄⁺-N)，然後再被轉化為亞硝酸鹽氮(NO₂⁻-N)及硝酸鹽氮(NO₃⁻-N)，硝化作用主要是靠亞硝酸鹽菌(nitrosomonas)及硝酸鹽菌(nitrobacter)等自營性細菌所完成。若不考慮細胞之合成，則由氨氮轉化為硝酸鹽氮之全反應式如下：



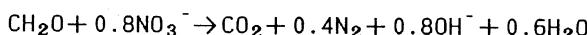
硝化作用之最適當pH值為接近8.0之微鹼性。雖然硝化菌亦稍能適應酸性，但是最好能保持7.0以上。在硝化過程中每一毫克(mg)之NH₄⁺-N被氧化成NO₃⁻-N時，需消耗0.1428 meq的鹼度。因此對於鹼度低或氮含量高之廢水，在硝化過程中可能導致pH值的降低，而影響硝化效果。廢水中有機物的存在並不危害硝化菌，但是若DO濃度太低則會抑制硝化作用的進行，因為自營性的硝化菌必需與普通的異營性細菌競爭之故。

由於硝化菌的增殖速率低，因此必需有較長的污泥停留時間(SRT)，以避免硝化菌的流失。此外，硝化菌對於溫度亦十分敏感，因此在設計選定SRT時必需考慮水溫的因素。雖然硝化菌在接近0°C之環境下仍能進行硝化作用，但是就寒帶氣候而言，如北歐、加拿大等，硝化菌卻必需在冬季來臨前馴養完成，依據實際操作經驗，若在冬季之低溫狀況下，因操作疏忽導致硝化菌之流失，則很難在該季節裡重新培養出來，而需等待夏季的來臨。

2.1.2 有機物與氮之去除

廢水中之氮可以藉著硝化及脫氮作用加以去除。所謂生物脫氮就是使含有大量硝酸鹽的廢水處於無氧狀態(anoxic)，藉由一些普通細菌利用硝酸鹽進行呼吸作用，以達成廢水中氮之去除效果。因為普通細菌在低溶氧之狀態下，均有利用硝酸鹽進行呼吸作用的能力。脫氮過程中所需之碳源可以來自任何可生物分解之有機物質，而硝化與脫氮處理程序則可以有許多不同組合。以下將針對系統本身碳源及單一污泥系統加以討論。

若不考慮細胞的合成作用，脫氮作用可以以下式表示之。



脫氮作用之最適當pH值介於7.0~8.5之間。而溫度係數(θ)則分別為1.15及1.20，此時脫氮作用所需之碳源係來自原污水及細菌細胞。

理論上欲達成完全的脫氮效果，進流水的 BOD 與總凱氏氮的比值(BOD₅ /TKN) 至少需 2.0以上，而實際操作上則約需 4~ 6。生物脫氮速率需視硝酸鹽濃度及碳源生物分解之難易度而定。

在巨大的水體中即使在好氧狀態下亦能進行脫氮。因為在生物膠羽的內部產生缺氧狀態，而且又在有碳源存在的狀況下，脫氮作用可發生於膠羽內部。依據丹麥科技大學的研究指出，在都市污水處理廠的活性污泥生物膠羽中，其成份組成如表 1 所示。

表 1 都市污水處理廠活性污泥膠羽之成份組成

成 份	百 分 比 %
無 生 命 體	10~40
脫 氮 菌 (兼 氣 性)	40~60
好 氧 菌	20~30
硝 化 菌	1~2

雖然硝化菌占整個活性污泥組成的比例很小，但是卻是整個硝化－脫氮系統的關鍵微生物，而兼氣性脫氮菌與硝化菌相比，則是數量很多。

在硝化過程中氨的最大去除率取決於硝化菌的數量及環境因素，，經實驗結果顯示在溫度 10~25°C 狀況下，最大硝化速率為 1.6~3.7mg NH₄⁺-N/g MLVSS-hr。而實際的氨去除率假設為受溶氧濃度的限制，可以用 Monod 動力數學模式加以描述如下：

$$r_{act,NH_4^+} = r_{max,NH_4^+} + \frac{Do}{2+Do}$$

式中， r_{act,NH_4^+} ——實際氨去除率

r_{max,NH_4^+} ——最大氨去除率

在設計硝化程序時通常以好氧性污泥停留時間(SRT) 為基準。表 2 為在不同溫度狀況下 SRT 與 F/M 之關係。

表 2 硝化程序之 SRT 與 F/M 之關係。

溫 度(°C)	5	10	15	20
SRT (日)	20	12	8	4
F/M ($\frac{kg\ BOD_5}{kg\ MLVSS-d}$)	0.06	0.10	0.15	0.20

一般而言，在下列三種條件下，可以獲得最大的硝化速率：

1. 活性污泥微生物中脫氮菌比例高時。
2. C/N 比高時。
3. 碳(C) 是以溶解性狀態存在，且為易於生物分解時。

在上述之有利狀況下，溫度為 20°C 時，若以本身內部之碳源進行脫氮作用，則最大脫

氮速率約為 $3\text{mgNO}_3^- \text{-N/gMLVSS-hr}$ 。20°C時內呼吸作用約可達到 $0.4\text{mgNO}_3^- \text{-N/gMLVSS-hr}$ 之脫氮效果。脫氮時所需之 C/N比視廢水成份及操作情況而定。欲達成良好的脫氮效果，就是讓進流廢水中的碳能夠供脫氮作用所利用，而儘量減少在硝化過程中被氧化。在實際應用上，若欲使放流水之 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 低於 2mg/l 或去除率達90%以上時，則 $\text{BOD}_5 / \text{TKN}$ 比需至少 4以上。因為在生物膠羽的內部呈現缺氧現象，因此在曝氣槽中有時在DO高達 3.0 mg/l 之狀態下亦能進行脫氮作用，但是毫無疑問的當溶氧量高於 $1.0 \sim 1.5\text{mg/l}$ 時，脫氮速率即急速降低。

2.2 生物脫磷方法(Bio-Deniphlo process)

利用生物脫磷的方法在1975年左右開始被研究，依據 Barnard之研究結果顯示，廢水生物處理單元若採取好氧／厭氧循環操作則可以培養出許多脫磷之微生物。丹麥科技大學環境工程系與I.Krüger公司，曾經合作進行一項研究生物脫磷的計畫，並發展出一套利用氧化渠進行生物脫磷的處理方法。

2.2.1 有機物、氮及磷之去除

磷與氮一樣可以被廢水中的微生物吸收，而以過剩汚泥的方式去除之，對都市廢水而言通常可以達到15~25%的去除率。但對某些特殊微生物，其對磷之去除量可以提得更高些。雖然基本的生物脫磷理論還不是很清楚，但是十多年來對其處理反應機構的了解有了顯著的進展。某些特定的微生物，若使其間歇性地處於好氧與厭氧狀態，則在厭氧狀態下其對低分子的有機物，例如脂肪酸，有吸收之效果。在此吸收過程中所需的能量主要是來自微生物原生質中聚磷酸鹽之磷鍵所釋放，當微生物再處於好氧狀態時，則有機物被氧化成無機物，而產生能量供微生物生長及重新累積聚磷酸鹽於細胞中。對微生物的淨效應而言，即是在微生物中累積超量的磷。依據Marais等人的研究認定，這些微生物之所以能夠與其它微生物競爭，主要是它們能夠蓄積足夠的有機物以供本身利用。這些微生物最後將隨著活性汚泥懸濁液排出，而造成廢棄汚泥中磷含量增加的現象。除了生物脫磷外，磷亦可與廢水中存在的鈣、鎂、鐵及鋁等產生化學沉降而去除。經由一些試驗數據顯示廢水中磷之化學沉降效果，隨著生物脫磷效果之增進而增加。其中之一原因應為當處於厭氧狀態時，微生物釋放出磷，導致廢水中磷之濃度增高，而增進化學沉降之效果。一般而言，利用生物脫磷法，其廢棄汚泥中磷之含量約為3.5~6%，但是很難加以區別有多少量是由生物作用產生，而又有多少是由化學沉降作用所產生。

生物脫磷程序之設計基準一般是根據經驗而訂定，一般而言，厭氧狀態的停留時間約為 1小時，如果需要脫氮的話則 COD / TKN 比必需大於 10，而為了使生物分解速度加快，則流入厭氧狀態下反應槽之廢水 COD 值應愈高愈好，至少需 25mg/l 以上。此顯示原廢水之成份對生物脫磷程序是重要的。

依據在丹麥三座採用此種處理方式的污水廠持續五年的操作資料顯示，廢水中總磷(Total phosphorus，簡寫為TP)之去除率達68~78%，放流水中磷之濃度為 $2.6 \sim 3.7 \text{ mg/l}$ 。而經實際測定在厭氧階段磷被微生物之攝取率為 $1.07 \sim 1.48 \text{ mg TP/g MLSS-hr}$ ，

而在同一時期磷之釋出率則為 $0.28\sim1.19\text{mg TP/g MLSS-hr}$ 。

丹麥科技大學環工系曾經進行一項研究計畫，以瞭解生物脫磷之反應機構及改良生物脫磷處理程序。它們在氧化渠前加設了一個厭氧反應槽，使迴流汚泥在此與進流廢水混合，此程序被稱為生物脫氮磷程序(Bio-Deniph Process)。經由模廠試驗結果顯示，原廢水中磷含量為 7mg TP/l ，處理後降低至 0.5mg/l ，在此同時原廢水中之氮為 25mg TN/l ，處理後降為 $0.8\text{ mg NH}_4^+ \text{-N/l}$ 及 $3.2\text{mg NO}_3^- \text{-N/l}$ 。

三、分段氧化渠之類別與操作方法

由丹麥 I.Krüger 公司所發展之分段氧化渠法，依其氧化渠之構造，組合之不同，共可分為 VR 型，T 型及 DE 型三類，而 T 型及 DE 型則再依其處理目的之不同，而各有兩種操作方式，茲分別說明如下：

3.1 VR型氧化渠

VR型氧化渠係僅由一座跑道型溝渠所形成，中間有一小島，溝渠中再構築一道分隔牆，將其分隔為 I 區與 II 區兩個相同容積之區域（請參見圖 1 所示）。水平式之滾輪曝氣機(rotor)一組橫跨裝置於渠中之共同區域，其附屬之馬達為可逆轉式(reversible motor)。在 I 區與 II 區之終端處各裝置有一座飄動閘門(flap gate)，其能受水流作用而開啓或關閉。I 區與 II 區中各裝置有一組自動控制之溢流堰。過剩汚泥則收集於靠近曝氣機處之汚泥收集井後，由污泥泵浦抽送至污泥濃縮池處理。VR型氧化渠之深度約為 $2.0\sim2.5$ 公尺。

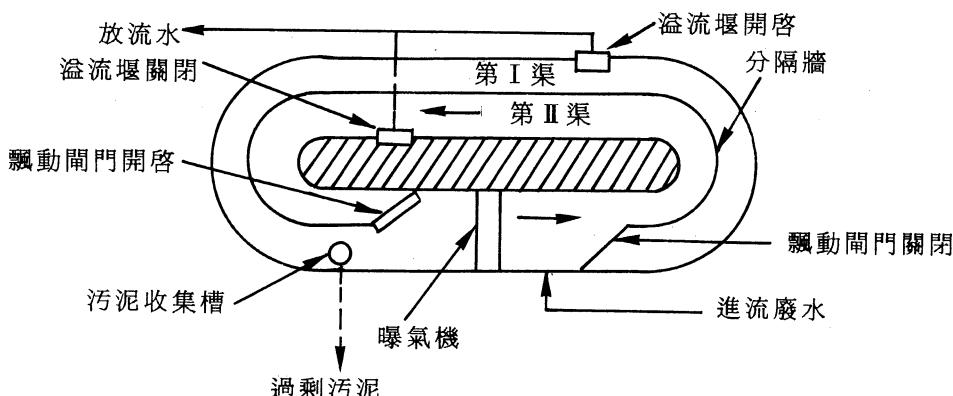


圖 1 VR型氧化渠系統配置示意圖

VR型氧化渠之操作依序分為四個階段反覆運轉，請參見圖2所示，說明如下：

1. 階段A：水平式之滾輪曝氣機使水流在渠中順時針方向流動，靠近中央牆之飄動閘門受水流作用而關閉，此時另外一座飄動閘門則受水流作用而開啟。此時進流之廢水在I區中進行曝氣處理，而II區則扮演沉澱池之功能，沉澱後之上澄水則由位於II區之溢流堰排出，而此時位於I區之溢流堰是關閉的。階段A之操作延時通常為3小時。
2. 階段B：階段B為一中間階段，此時曝氣機停止操作，使I區中之污泥沉澱，而放流水則仍由位於II區之溢流堰排出。此階段之操作延時通常為1小時。
3. 階段C：在階段C之開始時，首先將關閉位於II區之溢流堰並開啟I區之溢流堰。曝氣機則反向旋轉，以使廢水在渠中逆時針方向流動，而受水流作用，此時靠近中央牆之飄動閘門將開啟，而靠近外牆之飄動閘門則將被關閉。II區扮演曝氣池之功能，而I區則供作沉澱池之用，放流水由I區之溢流堰排出。階段C之操作延時與階段A同為3小時。
4. 階段D：階段D與階段B同為一中間階段，此時曝氣機停止操作以供污泥沉澱，放流水仍由I區之溢流堰排出。階段D之操作延時與階段B同為1小時。

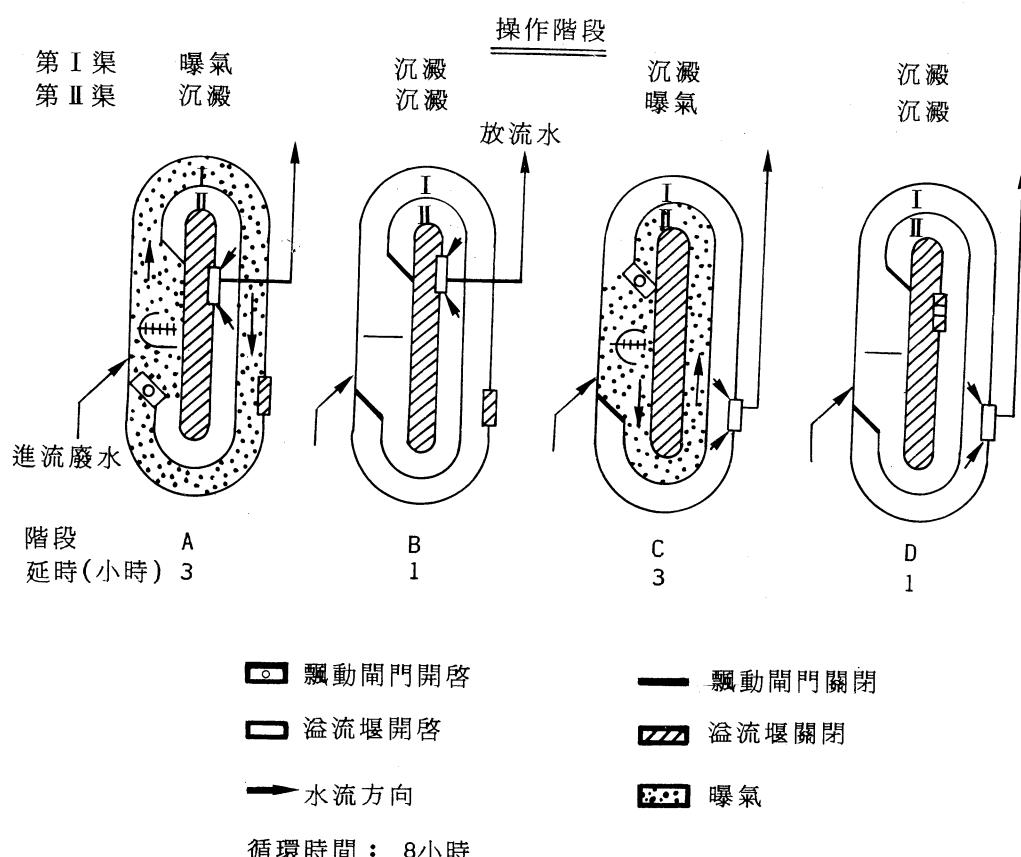


圖2 VR型氧化渠操作程序示意圖

3.2 T型氧化渠

T型氧化渠是由三座溝渠所構成，圖3所示為其中一種配置方式，另一種配置方式則如圖4所示。每一渠中均裝置一組或二組以上之曝氣機，以供曝氣或循環用。三座氧化渠均聯結至一座分水井，分水井中裝置有三個自動控制之分水堰，可調整流至各氧化渠之流量。氧化渠間則以聯結管相連接。過剩污泥由位於第Ⅱ渠中之污泥收集井收集後，以污泥泵浦抽送至濃縮池處理。氧化渠I與Ⅲ中裝置有可調式溢流堰。T型氧化渠之深度一般亦為2.0~2.5公尺。

T型氧化渠之操作可依其處理目的之不同，分為延長曝氣方式操作及脫氮方式之操作，其均依序分為六個階段反覆運轉，茲說明如下：

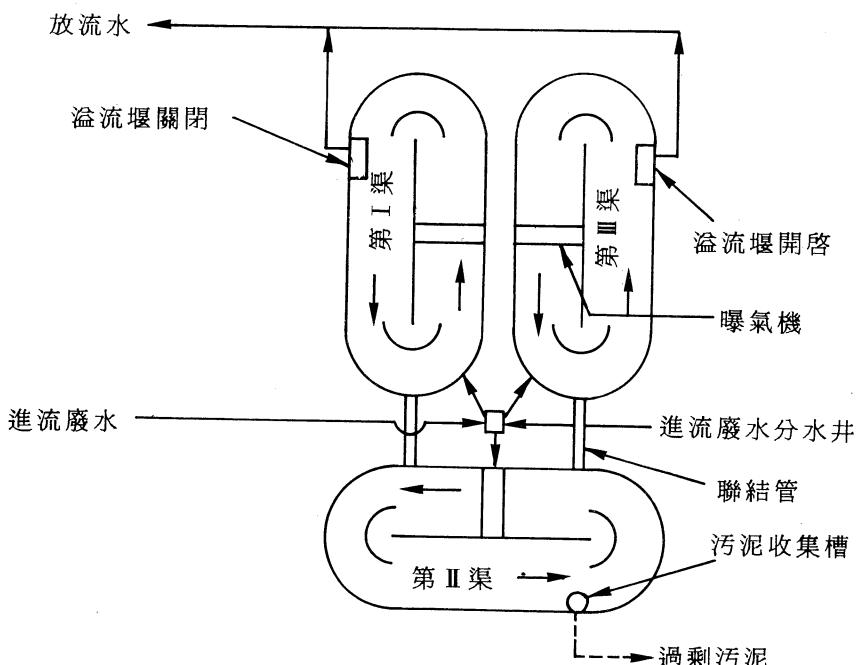


圖3 T型氧化渠系統配置示意圖之一

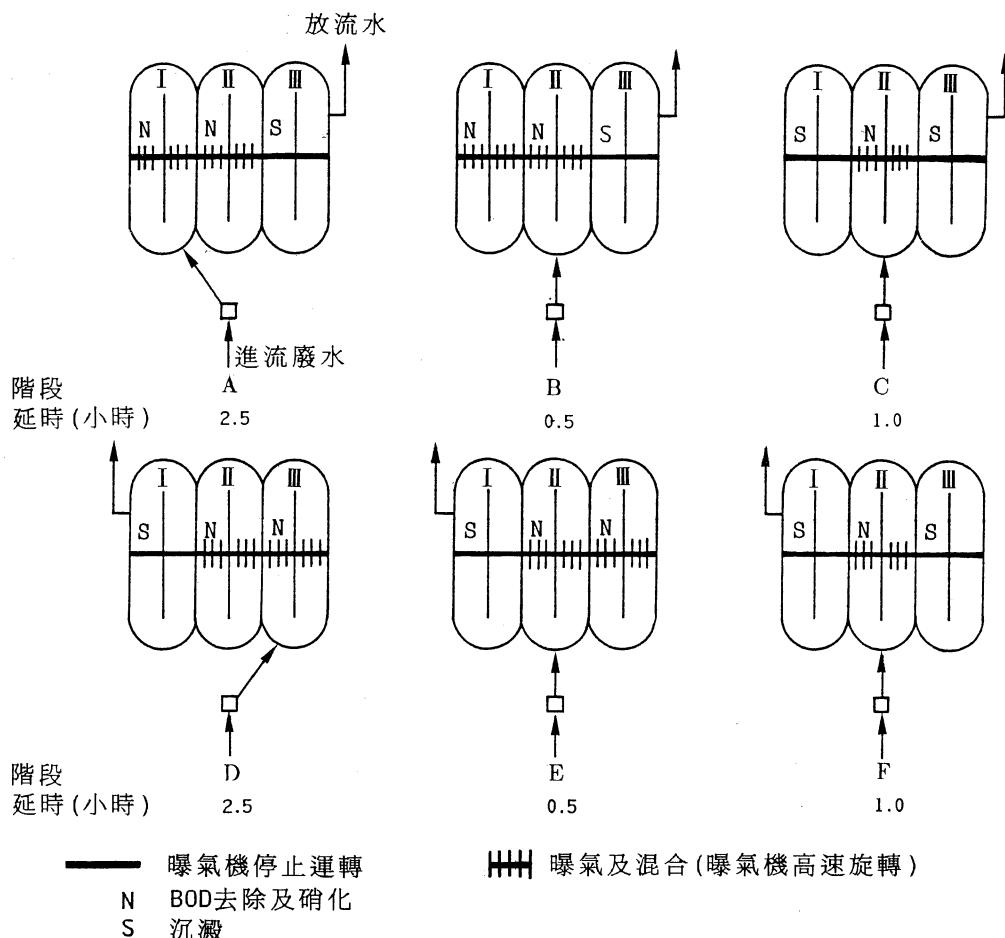


圖4 T型氧化渠延長曝氣方式操作程序示意圖

3.2.1 延長曝氣方式操作

延長曝氣方式操作之目的主要為去除廢水中之 BOD 及達成硝化作用，其操作程序如下（請參見圖 4 所示）：

- 階段 A：進流廢水導入第 I 渠，此時第 I 、 II 渠中之曝氣機運轉進行曝氣及混合作用，而第 III 渠則供作沉澱池，放流水由第 III 渠中之溢流堰排放。活性污泥懸濁液自第 I 渠流至第 II 渠及由第 II 渠流至第 III 渠。階段 A 之操作延時為 2.5 小時。
- 階段 B：此時進流廢水由原來之第 I 渠改變為自第 II 渠進入，第 I 、 II 渠中之曝氣機繼續運轉操作，階段 B 之操作延時為 30 分鐘。
- 階段 C：在此階段第 I 渠中之曝氣機停止運轉，使活性污泥開始沉降，此時廢水仍然進入第 II 渠。階段 C 之操作延時為 1 小時。

4. 階段 D：此時位於第 III 渠之溢流堰關閉，而位於第 I 渠之溢流堰開啓。而進流廢水則由第 II 渠改變為自第 III 渠進入，位於第 III 渠之曝氣機亦開始運轉，此時各渠中水流之方向則恰與階段 A 相反，第 I 渠供作沉澱池之用。階段 D 之操作延時與階段 A 同為 2.5 小時。
5. 階段 E：此時進流廢水由第 II 渠進入，在第 II、III 渠中進行曝氣。階段 E 之操作延時與階段 B 同為 30 分鐘。
6. 階段 F：此時第 III 渠中之曝氣機停止運轉，以供活性污泥沉澱。階段 F 之操作延時與階段 C 同為 1 小時。

3.2.2 脫氮方式操作

利用 T 型氧化渠欲進行脫氮處理時，其操作方式與前述之延長曝氣方式大致相同，而僅在階段 A 時第 I 渠為在缺氧狀態下操作，在階段 D 時第 III 渠亦在缺氧狀態下操作，以促進微生物利用進流廢水中之碳源進行脫氮作用。脫氮方式操作亦依序分為六個階段（請參見圖 5 所示），說明如下：

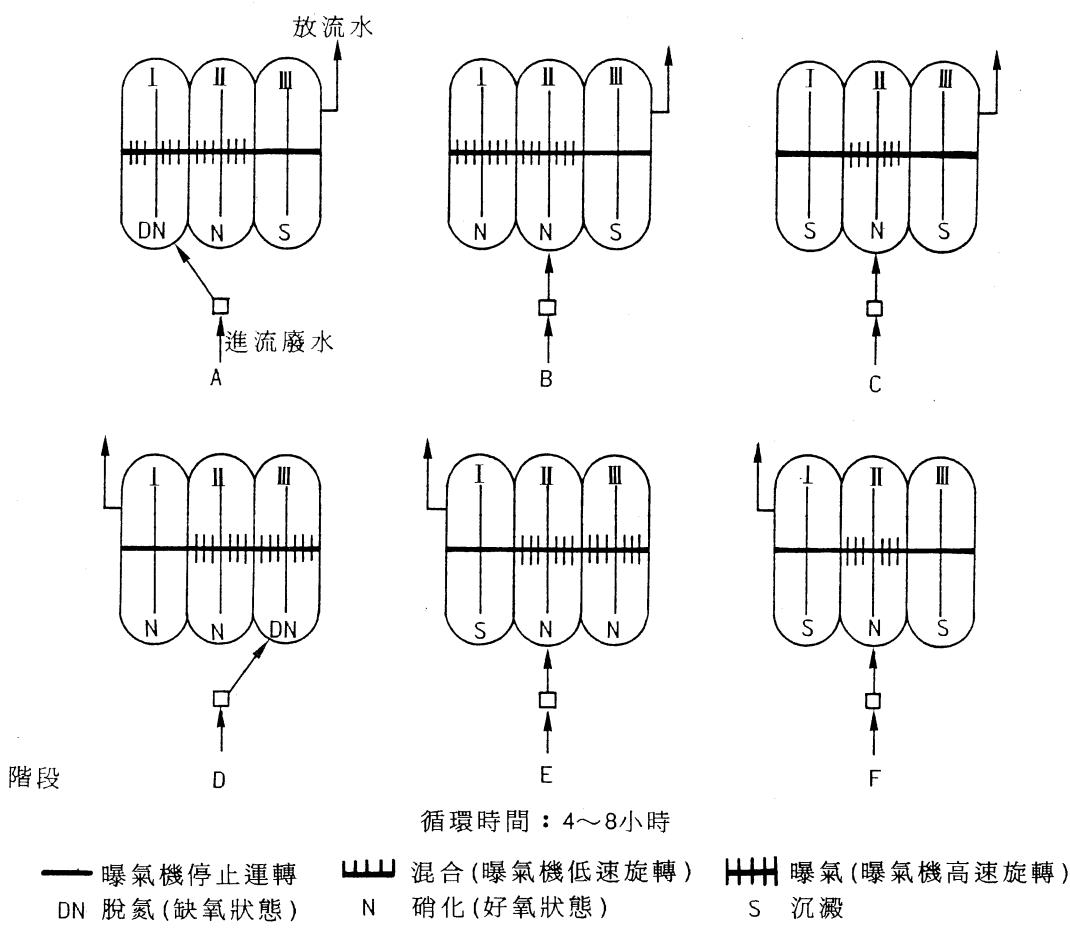


圖 5 T 型氧化渠脫氮處理系統操作程序示意圖

1. 階段 A：進流廢水導入第 I 渠，渠中之曝氣機處於低速旋轉，以保持污泥懸浮及缺氧狀態。在前一階段產生之硝酸鹽此時被作為氧化劑，以氧化有機物。在此階段第 I 渠之溢流堰關閉，第 III 渠之溢流堰開啓。而第 II 渠中則保持曝氣狀態，以進行 BOD 之去除及硝化作用。
2. 階段 B：進流廢水改由第 II 渠進入，第 I 渠中之曝氣機轉變為高速運轉，以保持渠中好氧之狀態。此階段之操作延時需視有機物之分解及前階段所殘餘之氨氧化所需之時間而定。在此階段第 III 渠仍供作沉澱池之用。
3. 階段 C：第 I 渠中之曝氣機停止運轉，以使活性污泥沉澱。進流廢水仍然由第 II 渠進入，而放流水由第 III 渠排出。
4. 階段 D：進流廢水改由第 III 渠進入，階段 D 與階段 A 之作用相同，祇不過是脫氮作用改在第 III 渠中進行，而放流水由第 I 渠排出。
5. 階段 E：此階段之作用與階段 B 相同，而僅是第 I 、III 渠扮演之角色對調而已。
6. 階段 F：此階段之作用與階段 C 相同，其相異處亦僅是第 I 、III 渠扮演之角色對調而已。

上述六階段之一操作循環所需時間通常為 4~8 小時，但需視欲去除之氮量決定。

3.3 DE型氧化渠

DE 型氧化渠系統由二座氧化渠及一座沉澱池組成。此二座氧化渠輪流交替做為 BOD 去除及硝化作用（好氧階段）與脫氮作用（缺氧階段），請參見圖 6。若欲利用此系統進行脫磷時，迴流污泥與進流廢水先於一厭氣槽中混合，以篩選脫磷微生物，而於氧化渠之好氧階段吸收廢水中的磷，使排放水中之磷濃度降低，其系統配置請參見圖 7。茲就此二種操作方式說明如下：

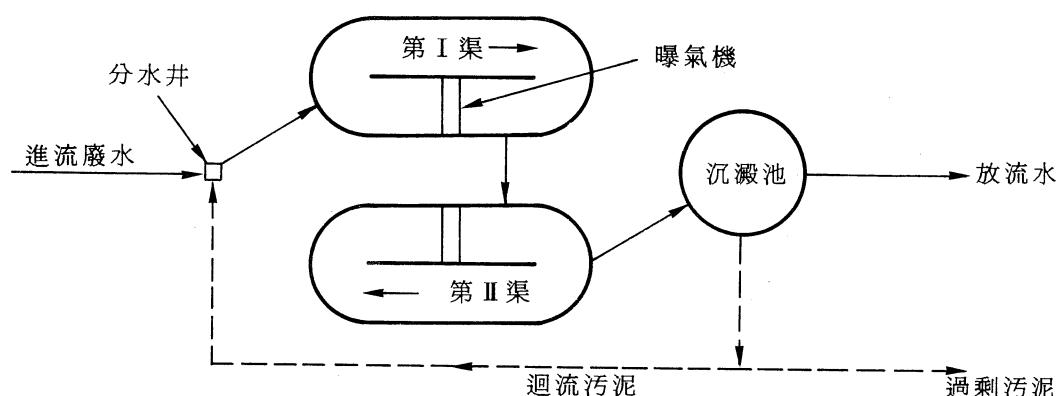


圖 6 DE型氧化渠系統配置示意圖（脫氮系統）

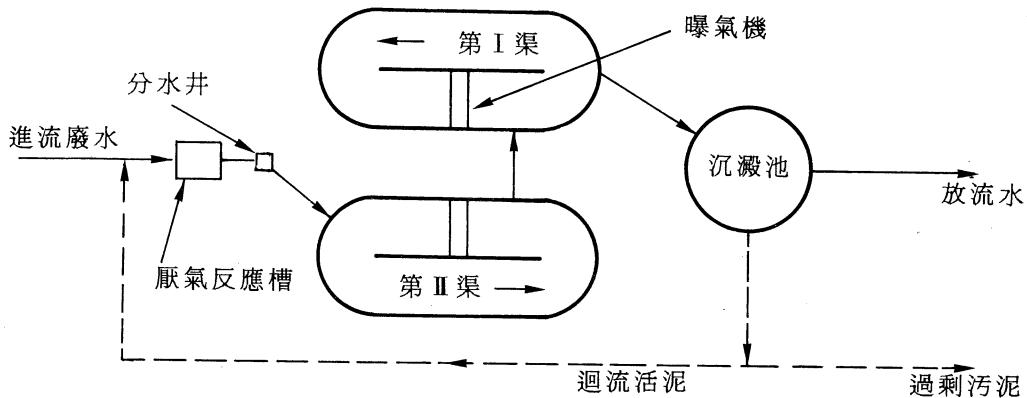


圖 7 DE型氧化渠系統配置示意圖(脫氮、磷系統)

3.3.1 脫氮系統操作

利用氧化渠生物脫氮之操作依序分為四個階段成為一循環，請參見圖 8 所示。通常每一操作循環的時間為 4~ 8 小時，茲分述各階段之狀況如下：

1. 階段 A：廢水經由分水槽流入氧化渠 I，此時渠中之曝氣機以低速旋轉，以提供廢水混合所需之能量，但並未達到曝氣的效果，以確保渠中的廢水處於缺氧的狀態下，而以在前一階段產生之硝酸鹽做為氧化劑氧化廢水中的有機物，而進流廢水中的有機物則提供脫氮所需的能量。此時氧化渠 II 之曝氣機以高速旋轉操作，進行曝氣硝化作用，而溢流堰則降低，使渠中之活性污泥懸濁液流出至沉澱池。
2. 階段 B：此時廢水仍經由分水槽流入氧化渠 I，但是曝氣機則與氧化渠 II 相同，均以高速旋轉進行曝氣硝化作用。階段 B 之操作時間視此階段終了時剩餘之氧量而定。而此時氧化渠 II 之溢流堰仍保持在降低的狀態。
3. 階段 C：此時進流廢水經由分水槽轉變流入氧化渠 II，而氧化渠 I 之溢流堰則降低，氧化渠 II 之曝氣機在低速旋轉狀態下操作，以保持渠中缺氧之狀態，而氧化渠 I 之曝氣機則繼續以高速旋轉操作，進行曝氣硝化作用。階段 C 與階段 A 是相對應的，所不同的僅是脫氮作用發生於氧化渠 II，而硝化作用發生於氧化渠 I 而已。
4. 階段 D：階段 D 與階段 B 操作狀況相同，祇是廢水係經由分水槽進入氧化渠 II，而由氧化渠 I 流至沉澱池而已。在此階段氧化渠 I 、 II 中之曝氣機均以高速旋轉狀態操作進行曝氣硝化作用。

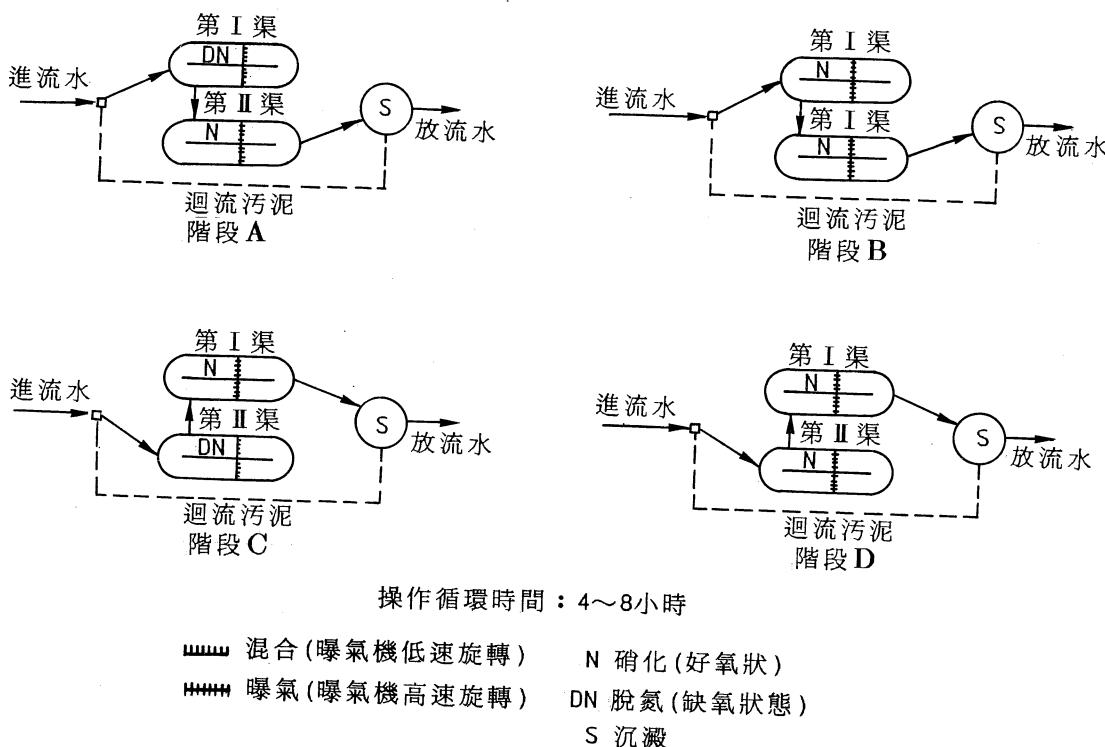


圖 8 DE型氧化渠生物脫氮處理系統操作程序示意圖

3.3.2 脫氮磷系統操作

在生物處理系統中若欲達成脫磷效果，則活性污泥必需歷經一般厭氧過程，以便釋出磷，而在後續的好氧過程中磷再被微生物攝取。因此在氧化渠之前必需再設置一個厭氣反應槽，槽中裝置攪拌機，以避免固體物在槽中沉降累積。脫氮磷系統之操作程序如圖 9 所示，茲分述如下：

- 階段 A：氧化渠 I 中之廢水在前一階段已經充分曝氣且過剩的磷亦已被攝取去除後，廢水流至沉澱池。此時曝氣機以低速旋轉，保持渠中廢水在缺氧狀態，當此操作階段達成時，廢水中由於脫氮作用將伴隨釋出磷，而使得廢水中磷之濃度提高。在此階段氧化渠 II 之曝氣機是在高速旋轉狀態下進行曝氣。
- 階段 B：在此階段氧化渠 I 之溢流堰昇高，而氧化渠 II 之溢流堰則降低。使氧化渠 II 中含磷濃度低之混合懸濁液溢流至沉澱池。進流廢水中所含之磷以及氧化渠 I 在階段 A 所釋出之磷，則在氧化渠 II 之階段 B 時在好氧狀態下被攝取去除。
- 階段 C：此階段之操作與階段 A 相同，僅是氧化渠 I 、 II 所扮演之功能對調而已。
- 階段 D：此階段之操作與階段 B 相同，僅是氧化渠 I 、 II 所扮演之功能對調而已。

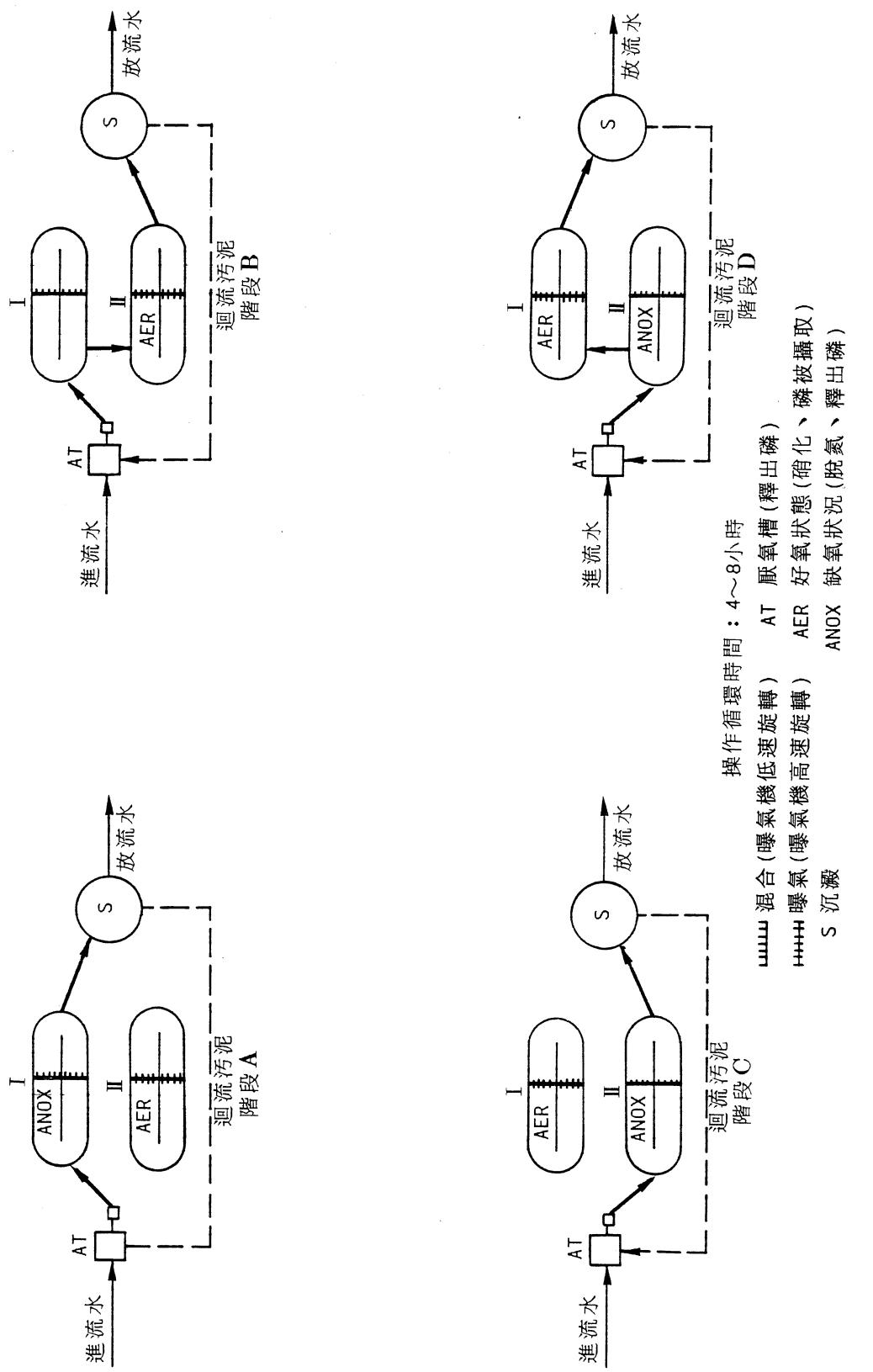


圖 9 DE型氧化渠生物脫氣、濁處理系統操作程序示意圖

四、結語

隨著環境品質要求的日漸提高，廢水處理不僅須達成有機物去除的功能，同時對水中營養源氮、磷的去除目標將是時勢所趨。國內以公共給水為主要目標的許多重要湖庫目前已呈現相當程度的優養化現象，有些甚至已經影響淨水廠之處理效能，因此加強管制市鎮污水、畜牧廢水及有機之工業廢水排入湖庫及水源河川集水區為當務之急。本文所介紹之分段氧化渠技術，其在構造與設備上與傳統式氧化渠法相近，主要藉由操作程序之控制，即可達成相當程度的氮、磷去除效果，而不需再增添其它設備，可大大的降低投資及操作費用，故對於湖庫集水區內之村落，休閒遊樂區、觀光飯店等小規模污水處理廠，不失為一種可參考採用的處理方式。目前DE型氧化渠脫氮處理系統已經引進應用於國立中正大學污水處理廠，目前正試運中，初步之操作結果顯示處理效果良好，筆者將於日後再撰文介紹。