

活性污泥系統利用攝氧率之操作方法

陳秋楊*

一、前　　言

活性污泥系統主要由兩部分構成，第一部分為曝氣池，經過初沉後的廢水在曝氣池內有氧的環境下與活性污泥混合接觸，微生物即將廢水中的有機物分解並氧化穩定。第二部分為沉澱池，來自曝氣池的混合液進入沉澱池經沉澱濃縮作用，將固體（污泥）與液體（處理水）分離，處理水即可排出，沉澱濃縮後的污泥一部分迴流至曝氣池，一部分污泥則排棄至污泥處理與處置系統，其流程如圖1所示。

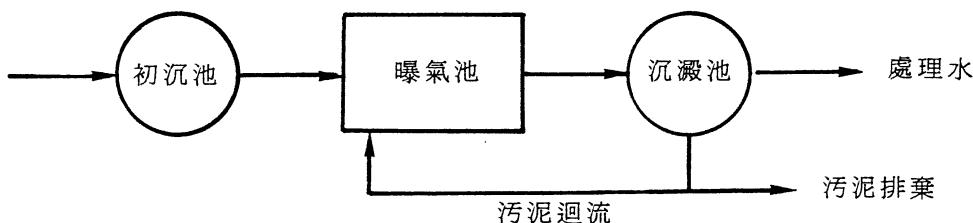


圖1 活性污泥系統基本流程

活性污泥系統的操作原則乃在維持一個適合好氧性微生物生長的環境，以增進對廢水中有機物的去除，另一方面使沉澱池中固液分離達最佳效果，不僅獲得處理水中的污染物濃度最低，而且部分污泥迴流後能維持曝氣池中所需的混合污泥濃度。操作人員可利用經驗的累積，由污泥的外觀顏色或藉顯微鏡的觀察，瞭解系統操作與控制上的對策，當然也必須參考某些系統參數的量測與計算，而求得各項控制因子所需的設計範圍。例如實測攝氧率（或呼吸率），配合食微比、污泥齡、污泥沉降性、溶氧濃度、pH值等，可以提供所必須採取的控制方法。

由於曝氣池內溶氧的消耗量與廢水中所含有機物的生物分解性及處理效率有關，因此，測定曝氣池內混合液的攝氧率，可使操作人員瞭解水中的去除效果，而且獲知處理系統所需供應的溶氧量。如果操作人員能同時測出污泥的微生物濃度，則由攝氧率的測

*中興大學環境工程研究所教授

定亦可瞭解微生物的活性及生長階段，而微生物的生長階段與其沉澱性有關，一般而言，太年輕或太年老的污泥，其膠凝性與沉降分離性均不佳。

本文主要介紹攝氧率(OUR)與呼吸率(RR)的檢測與計算方法，研討其在活性污泥系統操作與控制上的意義，並舉實例說明詳細過程。當然，目前已有些自動化的高級檢測儀器可資利用。但為顧及使用上的普遍性，本文僅介紹較簡易的人工檢測方法供為參考。

二、檢測方法

1. 採樣

一般而言，不論是檢測攝氧率或呼吸率，大都自曝氣池混合液流往沉澱池之間採樣，此時表示廢水經生物處理的結果。但由此樣品若發現任何處理系統之異常狀況，操作人員已很難加以改善，因此，可再自曝氣池前段（即進流廢水與迴流污泥混合處）採樣檢測，當然必須注意，兩者所檢測的結果，其代表之意義有所不同。

操作人員常常利用長期的呼吸率趨勢線觀察而獲知目前處理系統的操作狀況，如果一切符合正常狀況，即可以同一控制條件繼續操作。由於進流廢水特性可能具有週期性的變化，故在同一天內的不同時刻採樣檢測結果會有差異發生，但就長期而言，其差異變化的發生是有共同性的。

例如處理市鄉鎮污水的活性污泥系統，一般水力停留時間約為6~8hr（不考慮迴流污泥量），通常曝氣池出流水的負荷高峰發生在下午或傍晚以前，因此，操作人員可以預期在此一時段將有呼吸率的高值出現，而每天清晨時刻則為最低負荷出現時刻。操作人員即可建立長期的趨勢資料，當實測值與趨勢線有過度偏離現象時，一方面再次檢測呼吸率，另一方面則找尋發生異常現象的原因，以憑採取適當的控制對策。

2. 攝氧率分析

(1) 儀器

- ① 經適當校正的溶氧測定儀，及附有攪拌設備的溶氧電極或以磁攪拌器代替。
- ② 馬錶或其它計時器。

(2) 步驟

- ① 採取新鮮的活性污泥樣品。
- ② 在化驗室即時充分混合並加以曝氣，使溶氧濃度提高至 5mg/L以上。
- ③ 將混合後的活性污泥樣品置入BOD 瓶中，加至部分溢出瓶頸，輕敲瓶壁以趕出氣泡。
- ④ 將溶氧電極插入BOD 瓶中，同時加以攪拌，並將溶氧測定儀濃度鈕調至 0~10mg/L 刻度範圍。
- ⑤ 等候約30~60秒使儀器穩定，此時指針或讀數已開始繼續下降。

⑥開始記錄時間與溶氧濃度讀數，每隔30秒或1分鐘記錄一次，當溶氧濃度低於1mg/L時即可停止。

⑦以橫坐標為時間(分)，縱坐標為溶氧濃度(mg/L)繪出記錄結果。

⑧於圖中經過大多數測值繪出最佳直線，並向二端延長，使直線與縱橫兩軸相交。

⑨計算該直線的斜率，如圖2所示，於例一中，

$$\text{斜率} = \frac{A}{B} \times 60 \quad (1)$$

此斜率即為攝氧率(OUR)，單位為 $\text{mgO}_2/\text{L} \cdot \text{hr}$ 。

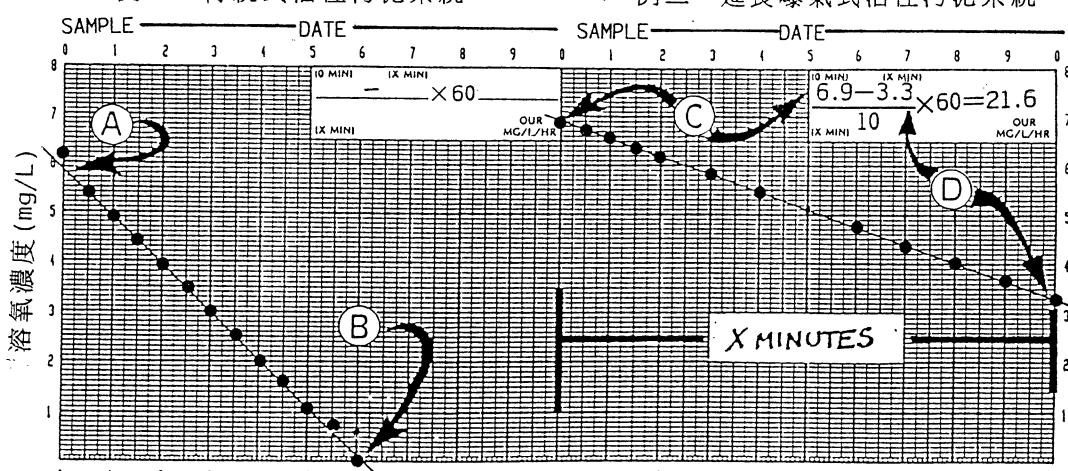
⑩同時檢測污泥採樣品的揮發懸浮固體(VSS)濃度，單位以g/L表示(即將mg/L值除以1,000而得)。

⑪呼吸率(RR)即可依下式計算：

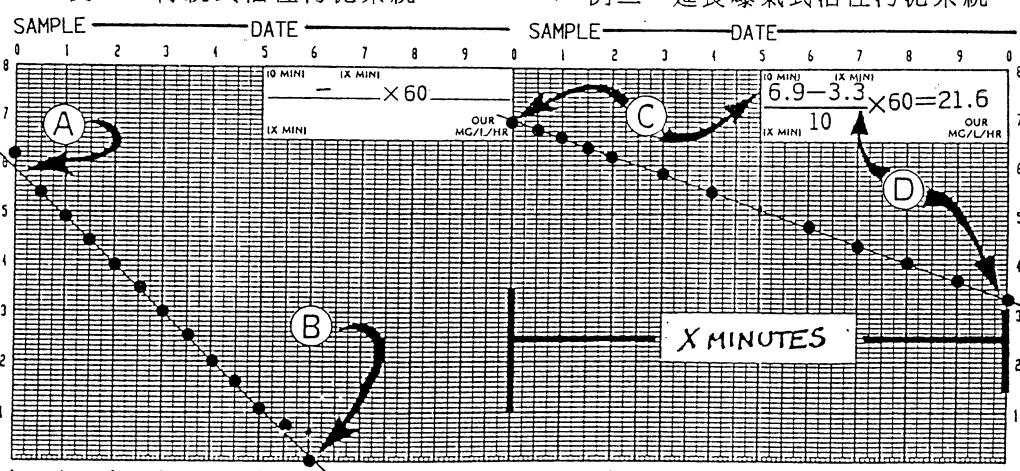
$$\text{RR} = \frac{\text{OUR}}{\text{VSS}} \quad (2)$$

其單位為 $\text{mgO}_2/\text{gVSS} \cdot \text{hr}$

例一 傳統式活性污泥系統



例二 延長曝氣式活性污泥系統



計算斜率 時間(min) —

$$\begin{aligned} A & 5.8 \text{mg/LO}_2 \times 60 = 57.0 \text{mg O}_2/\text{L/hr} \\ B & 6.1 \text{min} \end{aligned} \quad (\text{OUR})$$

$$\begin{aligned} 57.0 \text{mg/L/hr OUR} \\ 2.88 \text{ g/L MLVSS} \end{aligned} = 19.8 \text{ mg O}_2/\text{hr/g VSS}$$

計算斜率 時間(min) —

$$\begin{aligned} C & 4 \text{mg/LO}_2 \times 60 = 24.0 \text{mg O}_2/\text{L/hr} \\ D & 10 \text{ min} \end{aligned} \quad (\text{OUR})$$

$$\begin{aligned} 24.0 \text{mg/L/hr OUR} \\ 2.69 \text{ g/L MLVSS} \end{aligned} = 8.0 \text{ mg O}_2/\text{hr/g VSS}$$

圖2 攝氧率之圖解

三、計算方法

1. 攝氧率的計算

如圖 2 所示，若直線延長後將與縱橫兩軸相交，即可利用式(1)計算攝氧率。當攝氧率較低時（參見圖 2 中之例二），例如延長曝氣式活性污泥系統或好氧污泥消化池，直線的斜率段較平緩，雖延長直線仍未與橫軸相交，此時，先讀取時間為零的溶氧濃度，即直線與縱軸的交點，如圖 2 中例二的 C 點所示，再讀取記錄時間終點的溶氧濃度，如圖 2 中例二的 D 點所示，以兩者的差除以時間間隔再乘以 60，即得攝氧率。

操作人員有時會發現實測值的兩端常不在直線上，此時即將此等測值忽略，開始讀數時的差異可能來自 BOD 瓶中的干擾，如氣泡，而最後漸趨平緩部分可能來自儀器的限制，因此一般情況，當溶氧濃度低至 1mg/L 時即停止記錄。

2. 呼吸率的計算

呼吸率乃指單位污泥量於單位時間所消耗的溶氧量，即將攝氧率除以污泥濃度而得，如式(2)。污泥濃度大都以揮發懸浮固體(VSS)表示，但因有時廢水處理廠缺少檢測 VSS 的設備，此時可暫以混合液懸浮固體(MLSS)濃度代替。當然此一表示方式將減低呼吸率所代表的意義，但總比無數據為佳，操作人員亦須瞭解，污泥中的揮發比將隨污泥齡與食微比(F/M)而改變。當污泥愈老時（即低食微比時），污泥中的揮發比將降低，使得呼吸率的實際值比以 MLSS 計算所得結果高出很多，故微生物的活性無法表現在以 MLSS 所計算的呼吸率變化中。

四、呼吸率的意義

攝氧率無法直接顯示污泥的生長狀況，而呼吸率確能表示污泥的活性，例如有二個獨立的樣品，其攝氧率（即直線的斜率）約略相等，為 35.2mg/L · hr，然一個屬於相當年老的污泥，MLSS 濃度為 5,200mg/L，揮發比為 70%，另一個屬於相當年輕的污泥，MLSS 濃度為 900mg/L，揮發比為 85%，則年老污泥的呼吸率為：

$$\frac{35.2}{5,200 \times 0.70 \div 1,000} = 9.7 \text{mg/g VSS} \cdot \text{hr}$$

年輕污泥的呼吸率為

$$\frac{35.2}{900 \times 0.85 \div 1,000} = 46.0 \text{mg/g VSS} \cdot \text{hr}$$

由上述可知，雖兩者的攝氧率相等，但若以污泥濃度加以考慮，則顯示不同的呼吸率，這正表示當年輕污泥與年老污泥均達到相同的處理效果時，卻必須比年老污泥完成 4.5 倍以上的工作量。不同活性污泥系統的呼吸率典型值如下：

型 式	呼吸率(mg/g VSS · hr)
傳統式活性汚泥	8~20
階 段 曝 氣 式	8~20
延 長 曝 氣 式	3~12
接 觸 穩 定 式	15~30(接觸池) 5~15(穩定池)
好 氧 污 泥 消 化	< 2

上列數值的樣品乃採自曝氣池的出口處（或沉澱池的進口），主要表示處理系統對廢水處理的穩定程度。一般正常操作狀況下，不同日期的同一時刻，其呼吸率值的變異約在 2~ 3mg/g VSS · hr之間。

如果將不同年齡的污泥所測呼吸率繪出曲線，由年輕至年老，其趨勢就似在栓塞流或批式活性污泥系統中的情況，如圖 3 所示的微生物生長曲線，此乃因微生物生長需要溶氧，而呼吸率乃檢測其利用溶氧的速率，因此呼吸率與生長曲線有一致的趨勢。當呼吸率高時，表示微生物的生長階段屬於年輕期，即處在生長曲線的左邊部分，而呼吸率低時，則偏於生長曲線右邊部分，即微生物屬於年老期。如果系統內無食物繼續補充，呼吸率將先逐漸升高而後下降，此一現象常見於栓塞流式活性污泥系統的整個流程，或批式活性污泥系統內隨時間所產生的變化。

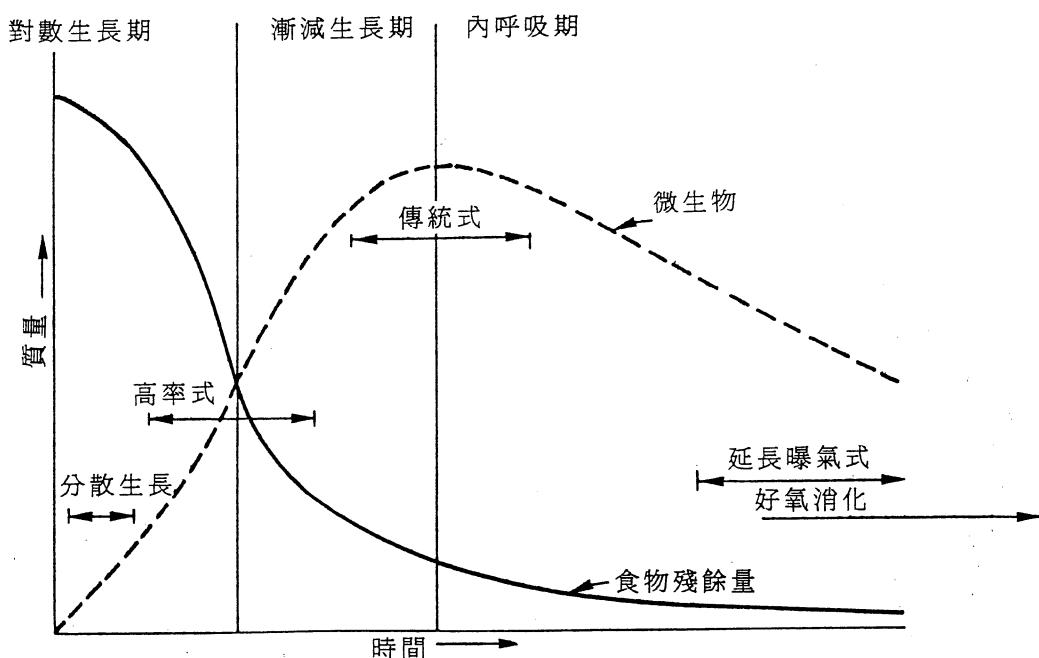


圖 3 微生物生長曲線

五、配製稀釋液

1. 稀釋方法

操作人員為瞭解在特定條件下（例如某一混合液的濃度）微生物對廢水的處理效果，可利用適當方法配製稀釋液以達到條件控制的目的而進行呼吸率檢測，稀釋法可分為UNFED 稀釋法與FED 稀釋法，而水樣則可以分別來自曝氣池進流水（原廢水或初沉廢水）、沉澱處理水、迴流污泥、曝氣池出流水（未沉澱處理水）、以及特殊的廢水等。

所謂UNFED 稀釋法乃將定量的曝氣RAS（迴流污泥）與曝氣的沉澱處理水混合於BOD 瓶中，檢測前先將BOD 瓶內DO提高至 5mg/L以上，再依前述方法進行OUR 檢測。所謂FED 稀釋法乃將定量的RAS 與曝氣池進流水混合後，依前述方法進行OUR 檢測。FED 方法表示微生物的耗氧量負荷大小，UNFED 方法則表示穩定的微生物特性。如果廢水處理廠操作不正常，沉澱處理水的水質必然不佳，則UNFED 檢測結果就不具意義。將上述兩種方法表示如下：

$$\text{UNRFD} = \text{RAS} + \text{沉澱處理水} \quad (3)$$

$$\text{FED} = \text{RAS} + \text{曝氣池進流水} \quad (4)$$

至於式中RAS 所需量的計算有下列二種方式。

(1)離心法

此法既迅速又準確，利用離心機分別量測曝氣池出流水的污泥濃度為ATC（即曝氣池污泥濃度），及迴流污泥濃度為RSC，若所用BOD 瓶容積為 300mL，則進行呼吸率檢測所需的迴流污泥量為：

$$\text{RAS(mL)} = \frac{\text{ATC}}{\text{RSC}} \times 300$$

(2)流量比率法

若廢水處理廠無離心機，所需的迴流污泥量可利用流量比率計算，其關係為：

$$\text{RAS(mL)} = \frac{\text{RAS流量}}{(\text{原廢水流量} + \text{RAS流量})} \times 300$$

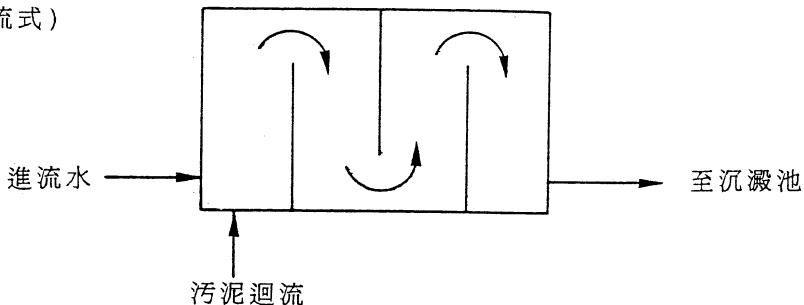
2. 檢測結果的意義

若採用FED 稀釋法檢測呼吸率，其所得結果在生長曲線上（參見圖3）乃屬左邊部分，即微生物與新的食物接觸，而UNFED 稀釋法表示完全的處理，乃屬生長曲線上右邊部分。各式活性污泥系統利用UNFED稀釋法所測得最佳RR值已如前述，即在5~20 mg/g VSS·hr，若RR值在範圍之外，表示該處理系統需要適當地加以調整操作。至於FED 稀釋法所測的RR值，一般比UNFED 之RR值約大2~4倍，例如延長曝氣式活性污泥系統的FED RR值可能低至10mg/g VSS·hr，而高率活性污泥系統或接觸穩定式活性污泥系統中的接觸池，其FED RR值可能有高至 100mg/g VSS·hr的情況。此等RR值所

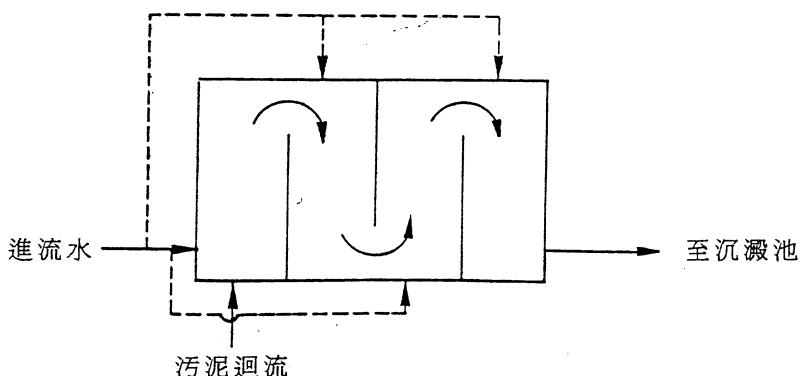
相對的OUR值約在 50~150mg/L·hr間，大部分活性污泥法的廢水處理廠設計均可足夠提供此一需氧量。

在實際操作上，FED RR值太高或太低均表示有問題存在。當超過100mg/gVSS·hr時，操作人員首先要查看曝氣系統是否有足夠能力提供此一需氧量。若曝氣設備已全量操作卻仍無法滿足耗氧量，有一可能乃是系統中微生物族群的轉變，當曝氣池中的溶氧濃度驟減一段長時間，某些絲狀菌將過度生長而成為主要微生物族群，以致沉澱池中污泥沉降性不良或形成鬆化現象。此時長期對策乃增加曝氣設備能力或增加曝氣池數，或可改變進流水操作流程，即將栓塞流方式改變成並聯操作（成為階段曝氣式）或裝置成再曝氣方式，如圖4所示。

傳統式(栓塞流式)



階段曝氣式



再曝氣式

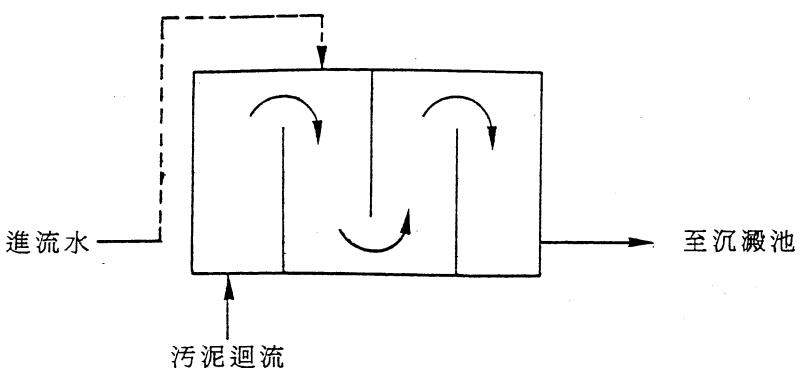


圖4 傳統式活性污泥系統流程之調整

操作人員必須小心研判發生活性污泥異常操作的原因，以尋求有效的對策。當發生RR高值時，亦表示食微比(F/M)偏高，也許可設法提高曝氣池污泥量使F/M值加以調整即可獲改善，此時亦需配合有足夠的曝氣量供應。

當FED RR值太低時，顯示曝氣池內的微生物活性偏低，可能由於F/M值太低時（即污泥齡太長）所致，此時可利用提高污泥排棄量加以調整。對某些廢水處理廠的特性而言，發生FED RR值偏低的情況時，可能表示進流廢水中含有毒害性物質或廢水難以生物處理。操作人員為瞭解微生物是否已被毒死或僅是難以分解的廢水，可將少量(1~2mL)的糖液加入檢測攝氧率的BOD瓶中。加以充分攪拌及曝氣，一或二分鐘之後再測一次攝氧率，若攝氧率有增加，表示微生物仍活著，僅是廢水難以處理而已。若攝氧率沒有增加，顯示廢水中含有對微生物產生毒害性物質，此時操作人員應即尋找來源及其可能排入量，以憑採取最有效的對策。

六、穩定實驗

所謂穩定實驗的目的，乃在定期瞭解處理系統的操作條件與程度控制方法是否正確無誤，此一實驗結果可提供決定曝氣池的使用個數或適當調整進流水的流程，同時也可瞭解所選定的F/M值（或污泥齡）是否可達到最佳處理效果。

穩定實驗需要有10~20公升的容器，以貯存FED稀釋液並附有曝氣設備，其實驗步驟如下：

1. 首先檢測UNFED OUR。
2. 配置至少5公升的FED稀釋液，保持混合與曝氣。
3. 每隔15~20min，自容器中取出樣品進行OUR檢測，每次測定完再將樣品倒回容器內。
4. 在連續測定OUR過程中，OUR值將逐漸下降，最後其值將趨近UNFED樣品OUR值，此一實際所需的時間即為廢水穩定所需的理論時間。
5. 繪出OUR值與時間的關係曲線，即可知廢水穩定的速率。

穩定實驗非常耗時，一般每年僅測定數次而已。當穩定實驗所求得的廢水穩定理論時間大於目前操作條件下的水力停留時間（或曝氣時間），則可考慮增加曝氣池的使用個數，或延長污泥齡（即減少污泥排棄量），或將處理流程改變為階段曝氣式或再曝氣式的水流方式。若廢水穩定理論時間遠小於目前操作條件下的曝氣時間（或水力停留時間），則可能浪費太多的曝氣動力，故可考慮減少曝氣池的使用個數或關閉某些曝氣設備。一般而言，增減曝氣池的使用個數約可調整曝氣時間（或水力停留時間）2~6hr，然而無法調整太小的改變。因此，如果曝氣時間為7~8hr，穩定實驗所得的理論值為6hr，則無法採取曝氣池使用個數的調整，必須採取其它改變操作的方式，如F/M值的調整或污泥齡的調整等。

七、操作實例

實例一

A 處理廠概況

1. 傳統式活性污泥系統，設計流量 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。
2. 原廢水平均流量 $2.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，由每小時流量記錄知，60% 流量發生於上午 8時至下午 4時之間，平均BOD 濃度 210 mg/L ，另知初沉池去除 35% BOD。
3. 有四個曝氣池，每池大小為 $71.3\text{m} \times 11.6\text{m} \times 3.0\text{m}$ (池深)，平均MLSS濃度為 $1,750 \text{ mg/l}$ ，揮發比為 80%，目前使用三個曝氣池操作，SVI 值為 115 mL/g ，ATC 值為 1.8 。
4. 迴流污泥量自動調整為原廢水流量的 30%，RAS SS為 $7,580 \text{ mg/L}$ ，RSC 值為 7.5 。

B 問題解答與說明

1. 已知曝氣池出流水OUR 檢測結果如下所示：

時 間(min)	0	0.25	0.5	0.75	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8
溶氧濃度(mg/L)	4.8	4.5	4.3	4.1	4.1	3.8	3.6	3.4	3.1	2.7	2.2	1.8	1.3	0.9

試求攝氧率(OUR)，取 2min 與 7min 間的時段計算。

[解]：

繪出溶氧濃度與時間的關係直線如圖 5 所示，求得OUR 值為 $27.6 \text{ mg/L} \cdot \text{hr}$ 。

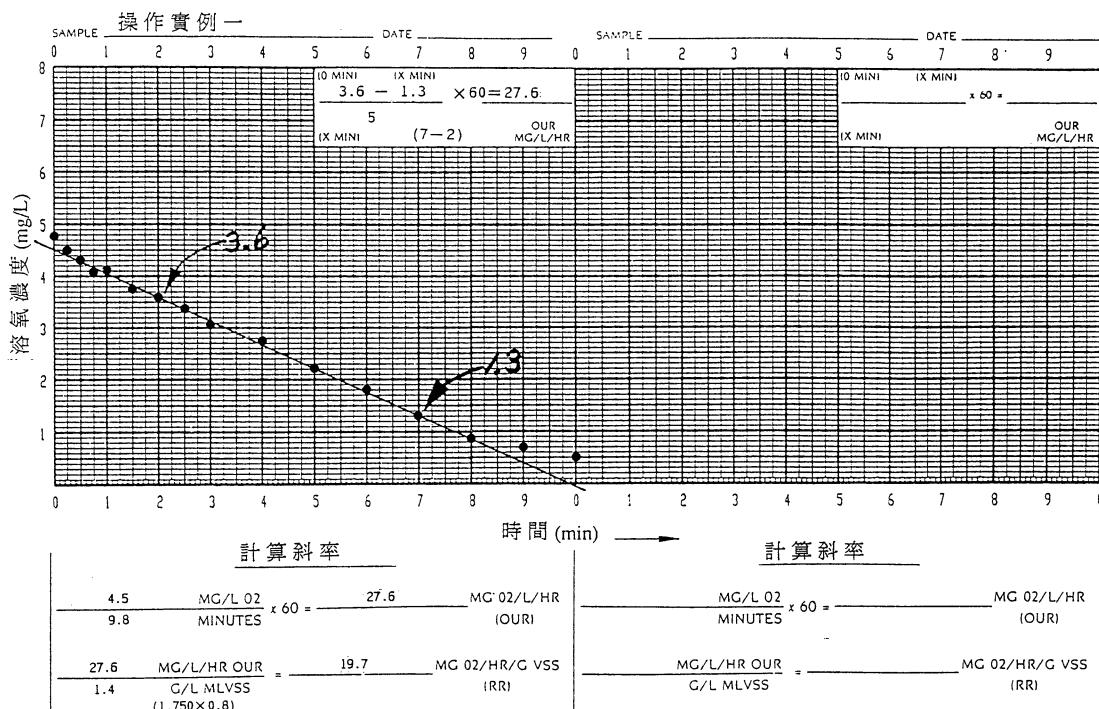


圖 5 攝氧率之圖解(操作實例一)

2. 計算呼吸率(RR)

[解]：

$$RR = \frac{27.6}{1.750 \times 0.8} = 19.7 \text{ mg/g VSS} \cdot \text{hr}$$

3. 試問此一傳統式活性污泥系統是為低率、中率或高率系統？

[解]：

屬於高率活性污泥系統。

4. 分別以(1)離心法，(2)流量比率法求配製UNFED/FED 稀釋液所需的迴流污泥量(mL)。採樣時的原廢水流量為 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

[解]：

(1)離心法

$$RAS = \frac{1.8}{7.5} \times 300 = 72 \text{ mL}$$

(2)流量比率法

$$RAS = \frac{3 \times 10^4 \times 0.3}{3 \times 10^4 \times 0.3 + 3 \times 10^4} \times 300 = 69 \text{ mL}$$

5. 由UNFED 稀釋法所求得的攝氧率為 $18.0 \text{ mg/L} \cdot \text{hr}$ ，為何此值較曝氣池出流水的OUR值（由1.所得）為低？

[解]：

由於在沉澱池中廢水繼續穩定，即RAS 在沉澱池中多停留一個「沉澱池水力停留時間」，此時微生物仍繼續消耗廢水中的有機物，故攝氧率值較低。

6. 若以FED 稀釋液進行穩定實驗結果如下表：

時間(hr)	OUR(mg/L · hr)	時間(hr)	OUR(mg/L · hr)	時間(hr)	OUR(mg/L · hr)
0	78.2	2	72.5	4.25	42.2
0.25	79.0	2.25	70.0	4.5	38.3
0.5	78.8	2.5	67.8	4.75	35.1
0.75	78.6	3.25	57.3	5	32.5
1	77.1	3.5	54.0	5.25	30.0
1.25	76.5	3.75	50.1	5.5	28.4
1.75	75.9	4	45.8	5.75	27.0

若檢測時由流量記錄知，60%的每天總流量發生於上午 8時至下午 4時之間，試求此期間的平均曝氣時間（或水力停留時間）。

[解]：

$$2.35 \times 10^4 \times 0.6 \div 8 = 1.76 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{平均曝氣時間} = \frac{3 \times 71.3 \times 11.6 \times 3}{1.76 \times 10^3} = 4.23\text{hr}$$

7. 試問曝氣時間是否足夠？

[解]：

由穩定實驗結果得知，曝氣時間理論值約大於6hr，而尖峰流量時平均曝氣時間僅為4.23hr，故曝氣池水力停留時間並不足夠。

8. 如何改善目前的操作狀況？

[解]：

(1)考慮同時使用四個曝氣池，則尖峰流量時的曝氣時間為

$$\frac{4 \times 71.3 \times 11.6 \times 3}{1.76 \times 10^3} = 5.64\text{hr}$$

仍不甚足夠。

(2)考慮降低食微比(F/M)，先求目前使用三個曝氣池時在平均流量下的 F/M 值，

$$\text{平均流量} = 2.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{曝氣池進流水BOD} = 210 \times 0.65 = 136\text{mg/L}$$

$$\text{MLVSS} = 1,750 \times 0.8 = 1,400\text{mg/L}$$

$$F/M = \frac{2.35 \times 10^4 \times 136}{1,400 \times 3 \times 71.3 \times 11.6 \times 3} = 0.31$$

若將 F/M 值由0.31調整為0.2，則曝氣池內MLSS濃度在平均流量下應控制於

$$1,750 \times \frac{0.31}{0.2} = 2,710\text{mg/L}$$

故當發生尖峰流量時，其 F/M 值約為

$$\frac{1.76 \times 10^3 \times 24 \times 136}{2,710 \times 0.8 \times 3 \times 71.3 \times 11.6 \times 3} = 0.36$$

此值與原選定值0.31尚稱接近。

實例二

A 處理廠概況

已知某工廠欲增加一條生產線，將排出高BOD廢水於現有聯合處理廠，此生產線每天僅操作8hr，未來五年內並無增產計畫，估計廢水流量為 $5.68\text{m}^3/\text{d}$ ，BOD濃度為 $25,000\text{mg/L}$ 。

1. 延長曝氣式活性污泥系統，設計流量 $1,890\text{m}^3/\text{d}$ 。

2. 原廢水流量 $1,320\text{m}^3/\text{d}$ ，BOD濃度 175mg/L 。

3. 有二個曝氣池，每個容積 946m^3 ，目前二個同時使用。有三台鼓風機，每台風量為 $850\text{m}^3/\text{hr}$ (標準狀況)，目前使用二台，每天 24hr 操作。
4. 採用擴散空氣式曝氣器，傳氧效率為 6%。
5. 目前的RR值為 $7.0\text{mg/g VSS} \cdot \text{hr}$ ，MLVSS為 $1,800\text{mg/L}$ 。
- 附註：標準狀況每 m^3 空氣重 1.19kg ，含氧量為 22.8%。

B 問題解答與說明

1. 試求目前的OUR值。

[解]：

$$\text{OUR} = \frac{7.0 \times 1,800}{1,000} = 12.6\text{mg/L} \cdot \text{hr}$$

2. 試求曝氣池內微生物耗氧量 kg/hr 。

[解]：

$$12.6 \times 2 \times 946 \times 10^{-3} = 23.8\text{kg/hr}$$

3. 試求二台鼓風機的供氧量 kg/hr 。

[解]：

$$850 \times 2 \times 1.19 \times 0.228 \times 0.06 = 27.7\text{kg/hr}$$

4. 同時使用三台鼓風機的供氧量為多少 kg/hr 。

[解]：

$$850 \times 3 \times 1.19 \times 0.228 \times 0.06 = 41.5\text{kg/hr}$$

實際操作時的傳氧效率將略為降低。

5. 若不再增加曝氣設備，理論上可應付的OUR 值為多少？

[解]：

$$\frac{41.5}{946 \times 2} \times 10^3 = 21.9\text{mg/L} \cdot \text{hr}$$

6. 不含工廠廢水時處理廠的平均BOD 負荷為多少 kg/hr 。

[解]：

$$\frac{1,320 \times 175 \times 10^{-3}}{24} = 9.62\text{kg/hr}$$

7. 試求每 kg BOD 進入曝氣池消耗多少 kg O_2 。

[解]：

$$\frac{23.8}{9.62} = 2.47\text{kg O}_2/\text{kg BOD}$$

8. 若允許工廠廢水排入，每天 8hr 工廠操作時的處理廠平均BOD 負荷為多少 kg/hr ？

[解]：

$$\frac{5.69 \times 25,000 \times 10^{-3}}{8} + 9.62 = 27.4\text{kg BOD/hr}$$

9. 利用 7. 所得比率求允許工廠廢水排入後曝氣池的耗氧量為多少 kg/hr。

[解]：

$$27.4 \times 2.47 = 67.7 \text{ kg O}_2/\text{hr}$$

10. 此時的OUR 值為多少？

[解]：

$$\frac{67.7}{2 \times 946} \times 10^3 = 35.8 \text{ mg/L} \cdot \text{hr}$$

11. 現有的曝氣設備可否提供足夠氧量？

[解]：

無法提供足夠的氧量，因三台鼓風機僅能供攝氧率 $21.9 \text{ mg/L} \cdot \text{hr}$ 的需要（參見 5.）

12. 在不增添設備的情況下，處理廠是否能有效處理該工廠廢水？

[解]：

有可能，例如要求該工廠採用調和池將廢水於 24hr 小時內平均排出，此時處理廠的 BOD 負荷為

$$\frac{5.68 \times 25,000 \times 10^{-3}}{24} + 9.62 = 15.5 \text{ kg BOD/hr}$$

需氧量為

$$15.5 \times 2.47 = 38.3 \text{ kg O}_2/\text{hr}$$

而三台鼓風機的供氧量為 41.5 kg/hr （參見 4.）應可滿足所需。

13. 你是否會建議接受該廢水的排入？你將如何進一步檢查或檢測那些項目？

[解]：

是的，但建議先進行下列估算及檢測工作：

- (1) 估計所需的 F/M。
- (2) 檢測營養鹽是否足夠。
- (3) 估計污泥產量。
- (4) 配置第四台鼓風機供為備用。
- (5) 進行穩定實驗。
- (6) 進行毒性實驗。
- (7) 檢查並改善散氣器的效率。

