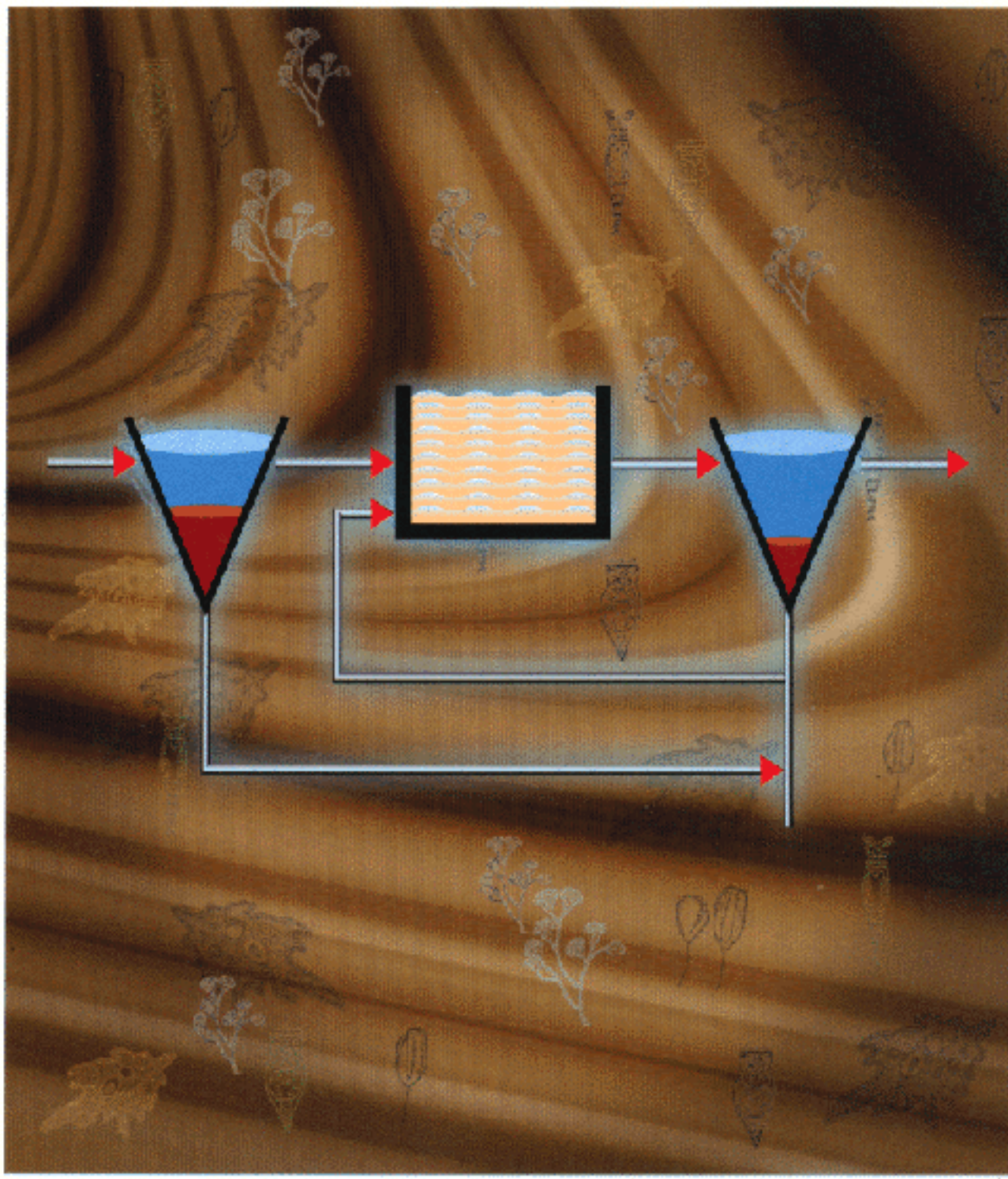
經濟部

ISBN 957-00-7078-1

工業污染防治技術手冊

8

活性污泥操作維護手冊



經濟部工業局　編印

序

防治工業污染，乃當前工業發展重點工作之一。本團自民國七十二年成立以來，即積極展開輔導國內污染性工廠有關防治污染之技術。在輔導工作進行期間，深覺工業污染防治範疇內之技術資料頗爲缺乏，且多爲英文，其實用性甚難爲國內業者普遍接受。

本團有鑑於此，乃自七十三年起，陸續準備各類有關資料，於輔導工廠時提供其參考；由於此等技術性資料深具實用性，的確有助於污染防治之改善，頗爲業者所喜愛。七十五年開始，本團更進一步，有系統地將各類處理技術，分門別類，陸續延聘國內知名專家學者撰寫成冊，予以編印，免費提供各界參考，期能加速業界對污染防治技術之普遍提昇，從而達成發展工業兼顧環境保護之目的。

本手冊爲歐陽嶠暉教授所撰寫，歐陽教授目前任教於國立中央大學環境工程學研究所，作育英才，原極忙碌，爲協助本團推動防治工業污染工作，特抽空就所專精撰寫專文，除敬表欽佩外，並致誠摯的謝忱。

工業污染防治技術服務團

楊萬發

中華民國八十三年四月

1123

目　　錄

第一章　活性污泥法之原理…… 1

1－1　活性污泥法之發展經過…… 1

1－2　活性污泥及活性污泥法…… 1

1－3　廢水中有機物的去除…… 2

1－4　廢水處理中微生物之變化…… 5

第二章　活性污泥法處理系統…… 9

2－1　曝氣槽之構造…… 9

2－2　曝氣槽之水質指標…… 16

2－3　最終沉澱池水質指標…… 21

2－4　曝氣槽調整控制…… 24

2－5　活性污泥法之處理方式…… 28

第三章　活性污泥法程序控制…… 35

3－1　程序控制…… 35

3－2　F／M與BSRT控制在操作上之應用…… 36

3－3　F／M與BSRT控制法之比較…… 38

3－4　微生物控制…… 39

3－5　最適操作範圍…… 42

3－6　改變污泥迴流量或排棄量對於操作之影響…… 44

第四章　處理程序之監視…… 51

4－1　物理觀察…… 51

4－2　控制試驗…… 52

4－3　沉降試驗…… 54

4－4　BOD_5 試驗推估處理負荷…… 57

4－5　污泥之排除…… 59

4－6　以耗氧率做爲程序指標…… 60
4－7　圖表的利用…… 62
4－8　顯微鏡觀察…… 63
第五章　活性污泥法之操作控制…… 71
5－1　活性污泥之馴養…… 71
5－2　曝氣槽之操作…… 72
5－3　操作控制方法…… 74
5－4　活性污泥之異常…… 77
5－5　水質檢驗結果之判斷…… 82
5－6　異常時之處理…… 89
5－7　問題與對策…… 90
第六章　設施之操作維護…… 99
6－1　檢點作業…… 99
6－2　可能發生之異常現象及對策……107
附錄一　演算公式及演算例……121
附錄二　專有名詞……133
參考文獻……137

圖　目　錄

頁　次

圖1-1　BOD去除機能示意圖---------- 3
圖1-2　微生物之增殖過程---------- 4
圖1-3　活性汚泥中微生物之變化---------- 5
圖1-4　活性汚泥之周圍及其組成---------- 6
圖1-5　活性汚泥成熟過程---------- 7
圖2-1　活性汚泥系統---------- 9
圖2-2　曝氣槽之構造---------- 10
圖2-3　曝氣槽的反應形式---------- 10
圖2-4　流入端阻流壁---------- 11
圖2-5　阻流壁---------- 11
圖2-6　多孔散氣設備---------- 11
圖2-7　噴出散氣設備---------- 12
圖2-8　可動式散氣設備---------- 12
圖2-9　送風機使用範圍內之風量與風壓之關係---------- 12
圖2-10　送風機---------- 13
圖2-11　濕式空氣過濾器例---------- 14
圖2-12　乾式空氣清潔器例---------- 14
圖2-13　汚泥迴流設備之構成圖---------- 15
圖2-14　縱軸旋轉式曝氣槽---------- 15
圖2-15　新型曝氣設備---------- 16
圖2-16　活性汚泥之呼吸速度---------- 17
圖2-17　活性汚泥之原生動物例---------- 19

圖2-18 操作正常及不正常時出現之原生動物(例)---------- 20
圖2-19 BOD-SS負荷與 SVI之關係---------- 25
圖2-20 迴流汚泥比、 SVI和MLSS之關係---------- 26
圖2-21 耗氧速度與流入水 BOD濃度之關係---------- 27
圖2-22 活性汚泥各種處理方式---------- 29
圖2-23 深層曝氣槽---------- 34
圖2-24 超深層曝氣槽---------- 34
圖3-1 微生物對有機物之代謝過程---------- 36
圖3-2 標準活性汚泥法流程圖---------- 46
圖4-1 汚泥沉降曲線---------- 57
圖4-2 操作記錄圖表例---------- 62
圖5-1 膨化對策(例)---------- 83
圖5-2 MLDO偏低之推測操作不正常原因之途徑---------- 84
圖5-3 處理水BOD(COD)偏高，推測操作不正常原因之途徑------- 85
圖5-4 30分鐘沉降試驗觀察結果與應對措施---------- 86
圖6-1 振動狀態判定標準(軸承之振動)----------101
圖6-2 刷子磨損限度----------104

表　目　錄

頁　次

表1-1　活性汚泥的生態分類及量的組成---------- 6
表2-1　生物處理抑制物質之限界濃度---------- 22
表2-2　活性汚泥法操作標準---------- 30
表3-1　操作關係(RAS/WAS爲變數)---------- 45
表4-1　活性汚泥30分鍾沉降試驗表---------- 56
表4-2　顯微鏡計數活性汚泥優勢原生動物數量表---------- 64
表4-3　原生動物相對數量與活性汚泥之特性---------- 65
表5-1　汚泥鑑定表---------- 77
表5-2　絲狀微生物生成因素---------- 80
表5-3　活性汚泥狀況微生物相---------- 81
表5-4　SVI不正常之原因---------- 82
表5-5　活性汚泥異常現象之主要原因及其對策---------- 91
表6-1　日常檢點標準例---------- 99
表6-2　定期檢點標準例----------100
表6-3　利用觸覺判定溫度(周圍溫度20℃)----------101
表6-4　軸承間隙表----------102
表6-5　曲折填封間隙表----------102
表6-6　潤滑油泵浦定期檢點事項----------105
表6-7　散氣板(筒)之標準通氣量及最小通氣量----------107
表6-8　曝氣槽設備之日常檢點及異常時之對策----------108
表6-9　驅動用電動機之異常及處理對策----------112
表6-10　起動控制器之異常及對策----------115

頁　次

表6-11　潤滑油泵浦之異常及處理對策----------117
表6-12　散氣裝置之異常及處理對策----------120

第一章　活性污泥法之原理

1－1　活性污泥法之發展經過

活性污泥法被廣泛應用於都市污水及有機性工業廢水之處理，而成爲現在廢水處理的主流。

本法爲Clark於1912年在美國波士頓的Lawrence 研究所，將污水置入瓶內後給予曝氣，而發現獲致淨化的現象。依此一發現，1913 年 英國曼徹斯特大學的Fowler ，Arden及Lockett等人，乃以模型廠將曝氣後所產生的污泥予以迴流，而證實可更迅速淨化污水，並將其實驗結果於1914 年在英國的化學工程學會發表，是爲活性污泥法的創始。

世界上最早的活性污泥法處理廠於1917 年同時完成於美國休士頓（處理量37,800m^3／d）及英國的曼徹斯特（處理量946 m^3／d），而在1930 年左右由於活性污泥法之淨化乃微生物的作用漸被認識，Mahlmano提出推估微生物所需氧量的計算法。其後1942年Gould提出 階梯式活性污泥法，1944年Setter提出修正法。1945年Krauss爲抑制膨化問題而發表Kruass Process 。1951年Ulrich提出接觸穩定法等等。而後相繼開發的有高率活性污泥法、長時間曝氣法、曝氣氧化池、氧化渠、純氧曝氣法、超深層及深層曝氣法、厭氧活性污泥法、厭氧好氧活性污泥法等，以至現在仍有不少活性污泥法被研究開發中。

台灣地區最早的活性污泥法污水處理設施則爲建於1965 年之中興新村內轄污水處理廠及1971 年之台北市民生污水處理廠，前者爲氧化渠法，已因容量不足於1984年另建深層氧化渠法後停止使用。後者爲高率曝氣法，但却於1981年被改建爲完全混合法。至今台灣地區已有數百個活性污泥法處理廠，惟多爲處理工業廢水爲主。

1－2　活性污泥及活性污泥法

於量筒內投入有機性廢水，並自底部予以灌入空氣曝氣之，經數日後停

止曝氣，則於液體中可看到綿絮狀（膠羽）的微小物質，予以靜置該膠羽就緩慢沈降，經 30～60 分鐘後，量筒內呈分離成上部的上澄液及下部的沈澱物。

將該上澄液以虹吸管在不擾動下予以吸出後，再添加廢水並予以曝氣，經數次操作後，可發現於更短的時間內獲致更清澄的上澄液，而沈澱的膠羽也益形增多，而此一具沈澱性的膠羽即爲活性汚泥。

活性汚泥爲由種種的好氧性細菌、原生動物等微生物、溶解狀有機物、被吸附的懸浮物質等所形成。具有吸附、氧化廢水中的有機物，使達到安定化的機能。利用該一活性汚泥分散於水中，在好氧狀態下處理廢水者稱爲活性汚泥法。

1－3　廢水中有機物的去除

活性汚泥在形成之前有三個步驟：傳輸、轉換和膠凝。

1.傳輸：當有機物與微生物接觸時即產生傳輸作用。在這個步驟中廢水有機物係藉吸附與吸收兩個同時進行作用，傳輸到微生物體內。

圖 1－1 用以說明溶解狀有機物通過細胞膜直接進入細胞而被吸收。顆粒與膠體狀有機物則吸附於細胞膜表面，經水解後才能通過細胞膜而被細胞所吸收。

有機物傳輸作用影響操作，有三個主要途徑：

(1)廢水中的顆粒和膠體物質會很快的吸附於細胞膜。主要的操作要件是提供適當的攪拌與混合，以促進微生物與有機物之接觸機會。

(2)溶解狀物質通過細胞膜有其一定時間。

(3)微生物所能利用消化的食物量與下列二因素有關。

(a)時間：用以同化有機物，其適當的值，可藉調整汚泥停留時間控制之。

(b)數量：足夠的微生物量以消化有機物，可藉控制有機物與微生物比達成之。

2.轉換：進入微生物體內之有機物變爲細胞質之過程是爲轉換作用。

3.膠凝：膠凝發生於微生物已吃飽，且其活性已降低時，需要靜止的水體狀

態以達到分離。

上述三個步驟在生物處理程序中係同時進行著。必須控制在適當的情況下，以使傳輸、轉換等過程在曝氣槽內進行並完成反應。

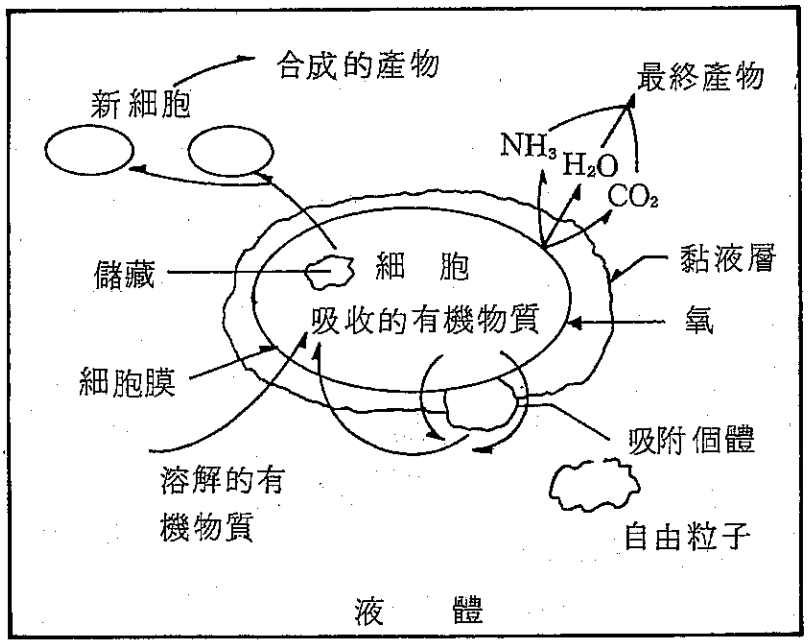


圖 1-1　　BOD去除機能示意圖

活性污泥之去除有機物（BOD）之同時，污泥的增值及污泥的自行氧化，一般可以下式表之：

(1)有機物的氧化

$$C_xH_yO_z + \left(x + \frac{1}{4}y - \frac{1}{2}z\right)O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{1}{2}yH_2O - \triangle H \quad \cdots\cdots(1-1)$$

(2)細胞質的合成

$$n\left(C_xH_yO_z\right) + nNH_3 + n\left(x + \frac{1}{4}y - \frac{1}{2}z - 5\right)O_2 \rightarrow$$

$$\left(C_5H_7O_2N\right)_n + n(x-5)CO_2 + \frac{1}{2}n(y-4)H_2O - \triangle H \quad \cdots\cdots(1-2)$$

(3)細胞質的氧化

$$(C_5H_7O_2N)_n + 5nO_2 \rightarrow 5nCO_2 + 2nH_2O + nNH_3 - \triangle H$$

……（1－3）

式中：$C_xH_yO_z$ ……廢水中的有機物

$(C_5H_7O_2N)_n$ ……活性污泥微生物之細胞質

$\triangle H$ ……反應熱

活性污泥之去除有機物，藉吸著、氧化及同化之順序進行以達成之。爲獲得良好的處理水，以使活性污泥具有良好的凝聚性及沉降性最爲重要，活性污泥之特性依微生物之成長期而異，微生物之增殖過程示如圖1－2所示。

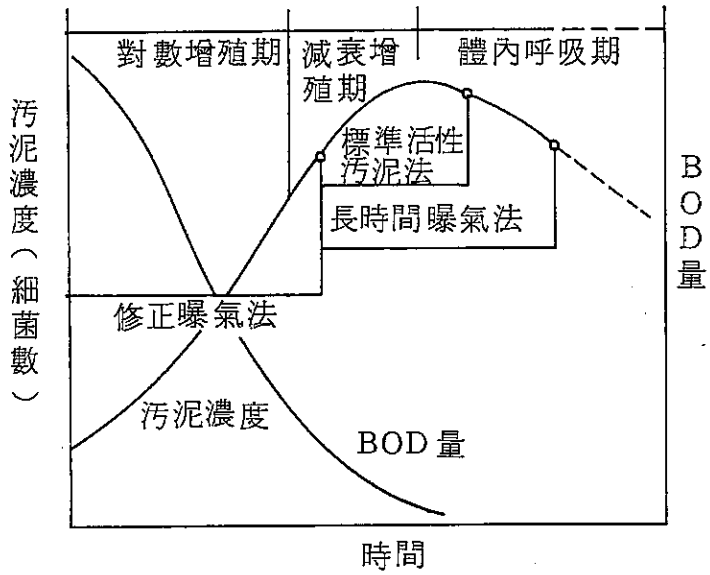


圖 1-2　微生物之增殖過程

由圖1-2可知對數增殖期乃有機物及微生物之比率較大時發生，在本期內微生物去除有機物量較多，但欠缺凝聚性及沉降性。但隨著微生物增殖的結果，有機物量減少，經由減衰增殖期至體內呼吸期，一般藉減衰增殖期及體內呼吸期之微生物以處理廢水。

當可利用之有機物缺乏時，即行進入體內呼吸期，微生物以自體的細胞質爲能源，進行氧化及分解，另一部份由於餓死致微生物數量減少。

微生物的成長及可利用之有機物量之關係，即爲各種活性污泥法之負荷條件。

1－4　廢水處理中微生物之變化

活性汚泥爲由(1)細菌類(2)眞菌類(3)原生動物及(4)後生動物等異種個體群微生物所構成之混合培養體。在處理上最初擔任重要角色的爲分解、同化有機物之他營養性細菌及液狀死物營養性之眞菌類，此等爲最低之營養階段，其次被活性營養性之原生動物所捕食，再則被輪蟲及圓蟲類之後生動物之二次捕食者所捕食，而達到淨化，其關係可以圖１－３表示之。

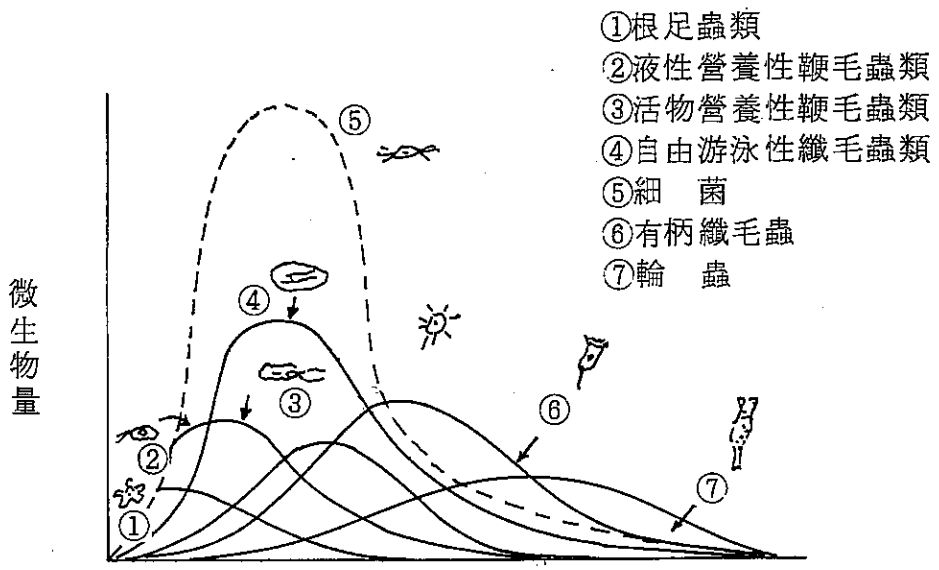


圖 1-3　活性汚泥中微生物之變化

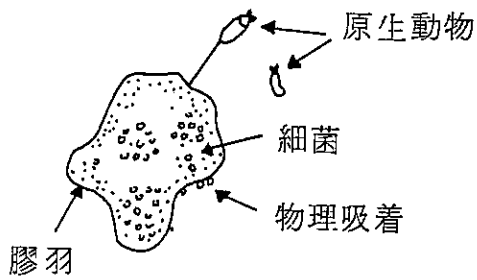
活性汚泥生物可分爲三類，在正常操作狀態，活性汚泥生物相的構成，以纖毛蟲類爲指標，示如表１－１。

非活性汚泥性生物，以攝取水中呈自由狀之懸浮有機物，活性汚泥性生物以去除活性汚泥膠羽所吸著的汚染物質，至於中間汚泥性生物則具有兩種之性質，活性汚泥之周圍及其組成示如圖１－４。

活性汚泥的生成可分爲活性汚泥膠羽的形成及活性汚泥生物相的完成兩階段。

表 1-1　活性污泥的生態分類及量的組成

種　類	性　質	指標生物類名	指　標　生　物　例	量組成（%）
非活性污泥性生物	自由游泳型	非活性污泥性纖毛蟲	Colpidum Dexiotrichides 等	0.14
中間污泥性生物	自由游泳及匍匐兩性型	中間污泥性纖毛蟲	Lionotus Loxophyllum Oxytricha 等	16.88
活性污泥性生物	匍匐型 著生型	活性污泥性纖毛蟲	Aspidisca Vorticella Opercularia Epystilis 等	82.98



細菌群 10^7～10^8個／mℓ
15 ～ 30 類
無生物　膠羽部份爲粘著性有機物
原生動物　10^3 個／mℓ

圖 1-4　活性污泥之周圍及其組成

(1)活性污泥膠羽的形成

大多數活性污泥膠羽藉 Zooglea 的生長而形成。Zooglea 的生長以吸收營養爲主體，溶解性營養物質多時，生長速度快，營養多時膠羽量增量也大。

(2)活性污泥的成熟過程

爲自非活性污泥性生物，經中間污泥性生物，最後成爲活性污泥性生物。實驗室及實際處理廠操作，以纖毛蟲類爲指標，其變化狀況如圖1-5。

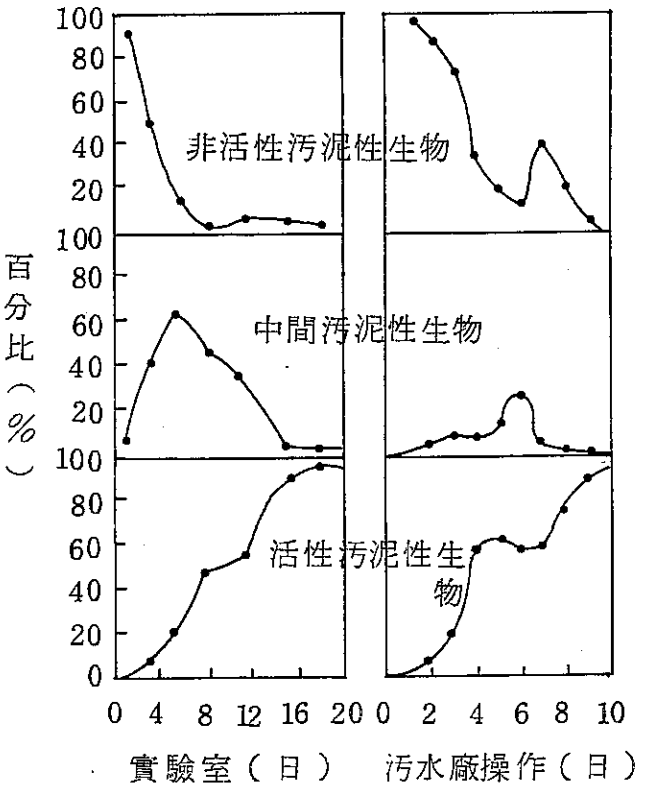


圖 1-5　活性污泥成熟過程

第二章　活性污泥法處理系統

活性污泥法處理系統如圖 2 － 1 ，爲經最初沉澱池處理後的廢水，流入曝氣槽與槽內呈流動狀的好氧性微生物羣之污泥相接觸後之流出水，於最終沉澱池沉澱分離之，沉澱分離後之污泥，一部份連續廻流至曝氣槽，另一部份成爲剩餘污泥排出另行處理之。依以上之定義可知活性污泥系統必須具備下列條件：

(1)曝氣槽內污泥負荷要維持一定。

(2)維持一定值以上的溶氧量。

(3)最終沉澱池分離出之污泥應濃縮至比曝氣槽活性污泥濃度還高。

(4)爲維持曝氣槽內污泥濃度一定，應連續廻流污泥至曝氣槽。

(5)去除 SS 、分解 BOD 所增殖之微生物，爲維持一定污泥停留時間，應予以排出處理。

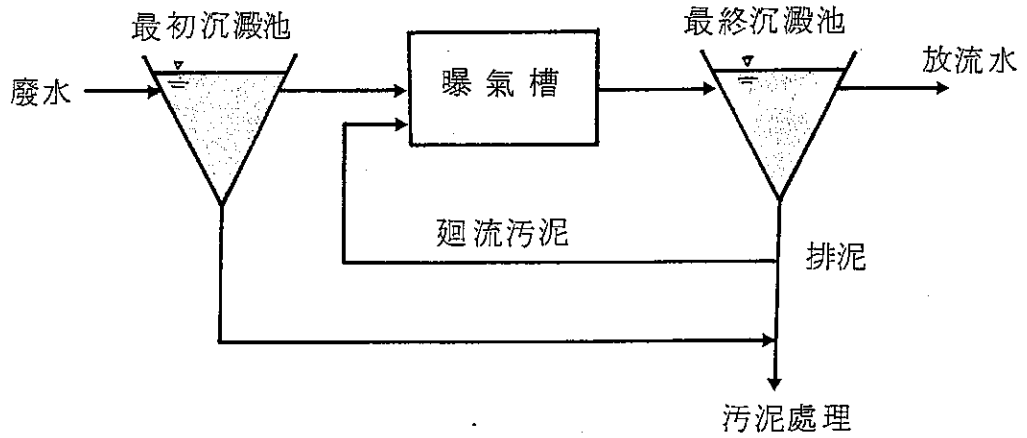


圖 2-1　活性污泥系統

活性污泥系統之操作管理，即爲控制上述最有利之環境條件，以達到良好的處理效果爲目的。

2 － 1　曝氣槽之構造

曝氣槽因曝氣方法之不同有下列型式：①散氣式曝氣槽，②機械攪拌式曝氣槽。

2－1－1

散氣式曝氣槽由以下幾項所組成：(1)槽，(2)散氣設備，(3)送風設備及(4)污泥廻流設備，(5)其他。

(1)槽

槽因曝氣方式而有旋廻流式及渦流式，一般採用旋廻流式，其結構物大都爲鋼板製或鋼筋混凝土造（如圖２－２）。

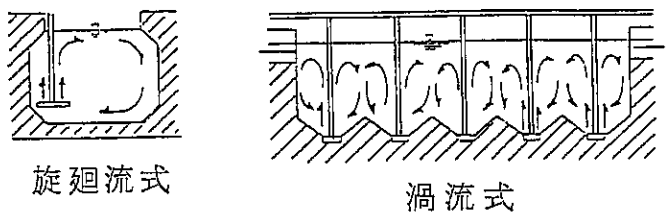
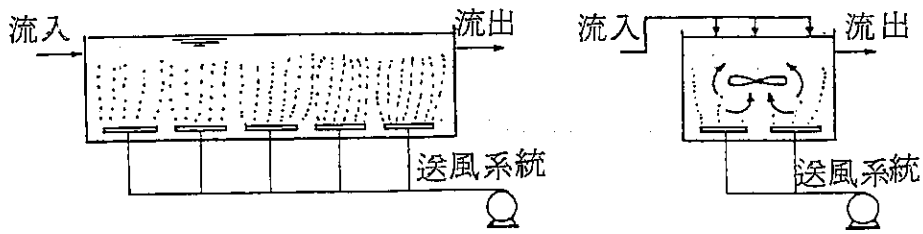


圖 2-2　曝氣槽之構造圖

曝氣槽內之水流狀態，依廢水之流入方式、廻流污泥之注入方式、曝氣槽內混合液之混合流動方式之不同，而有水平流動型及完全混合型兩種，也有其中間型者，如圖２－３。



(1)水平流　　(2)完全混合

圖 2-3　曝氣槽的反應形式

槽之有效深以往採用４～６m爲標準，最近有採用10m甚至 200m 左右者。爲了使流入水與廻流污泥能充分混合，同時在流程中充分供給氧氣有於槽內設置阻流壁（圖２－４及圖２－５）。另槽之入口及出口處設有制水

閥或閘門，並在適當的地方設置排水閥。

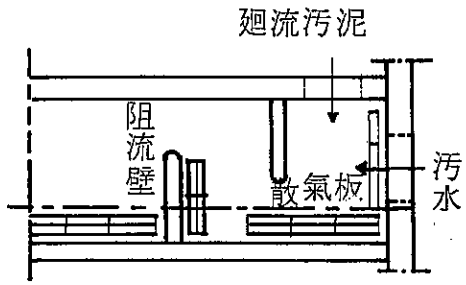


圖 2-4　流入端阻流壁

圖 2-5　阻流壁

(2)散氣設備

散氣設備有多孔散氣式及噴出散氣式等種類。多孔散氣設備有陶瓷或合成樹脂所製成之板狀或筒狀，或外表捲有賽冉（Saran）樹脂、尼龍等之管狀或袋狀物（圖 2－6）。噴出散氣設備大都爲鋼製或合成樹脂，其作用方式是利用高速噴出之空氣加上水流之作用使空氣分散成細小之氣泡（圖 2－7）。

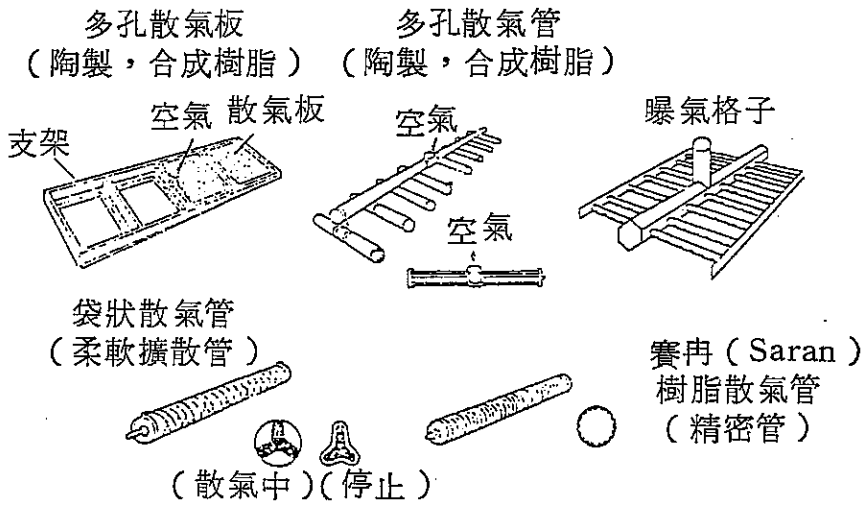


圖 2-6　多孔散氣設備

散氣設備因設置方法之不同而有固定式及可動式之分，一般均採用固定

式。惟可動式亦有不中斷，容易檢查及更換等優點（圖 2 － 8 ）。

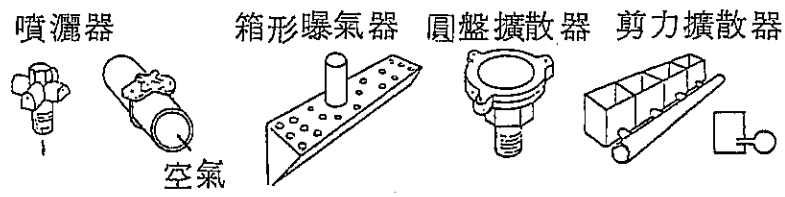


圖 2-7　噴出散氣設備

(3)送風設備

①送風機、送風管

送風機有離心式送風機（輪機式送風機）及旋轉式送風機（魯滋式送風機）等種類。離心式送風機與旋轉式送風機兩種之選擇必須考慮到送風量與送風壓，此兩者之關係約如圖 2 － 9 。

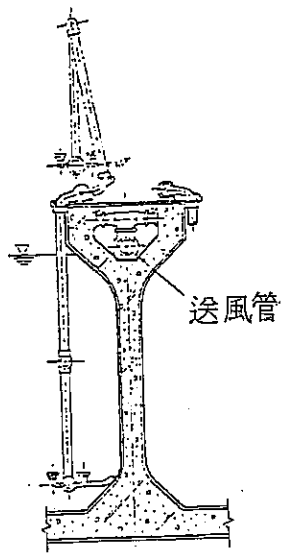


圖 2-8　可動式散氣設備

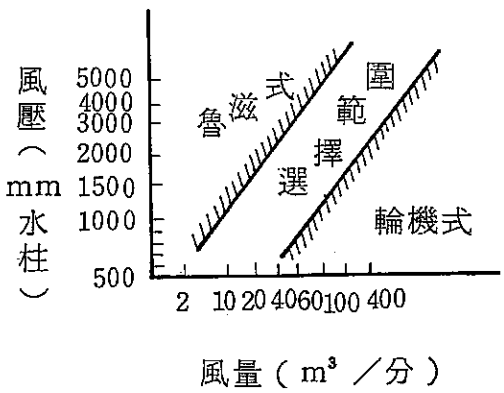


圖 2-9　送風機使用範圍內之風量與風壓之關係

一般而言，旋轉式送風機操作較簡便，但運轉聲音較大，風量之調節也較困難，適用於風量調節精度較低及容量較小的情況（圖 2 － 10 ）。

送風機經過長時間之操作即易生磨損及故障，且送風量必須隨時因流入水量或水質之變化而調整，最好設置兩台以上。送風機排出口附近之溫度可能達到 80 ℃ 左右，與送風管之接頭必須使用伸縮接頭。又送風機通

常使用強制供油方式，需備有注油泵及油冷却器。

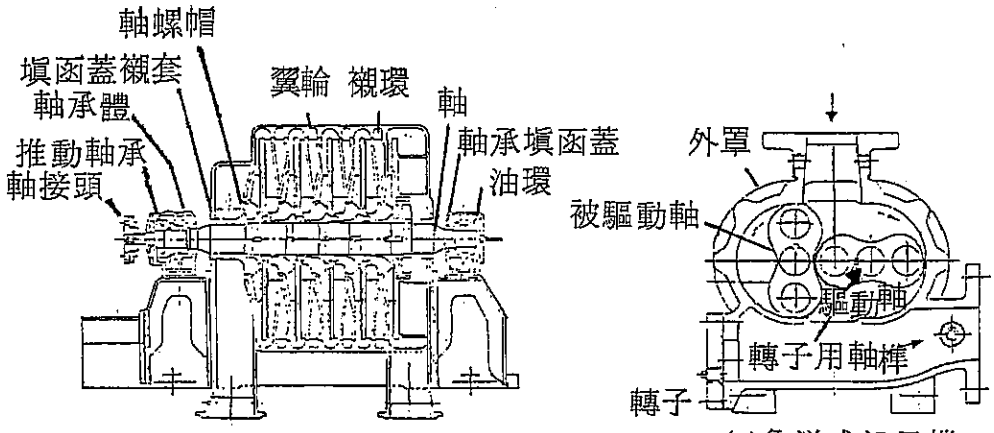


圖 2-10　送風機

送風管大都採用內部經過防銹處理之鑄鐵管或鋼管。分叉點或其他重要的部份需裝設能控制部份停止之開關，且在管之最低處設有排水閥以利管內排水。管內空氣之平均流速通常控制在 10～15 m／s 左右。

②空氣過濾器

空氣中因含有灰塵、雜物或油份等物，常導致散氣設備堵塞，因此在送風機之吸入側需有空氣過濾器。

空氣過濾器有濕式及乾式兩種。濕式過濾器是利用玻璃棉、氯乙烯棉、金屬網等吸收油後與空氣中之灰塵接觸而達到去除之效果，此方式對於油脂性灰塵特別有效。乾式過濾器是利用玻璃纖維、油毛氈、濾紙、尼龍棉、石棉等物捕捉空氣中之灰塵而達到去除效果，此方式對於纖維質塵埃較有效，但不適於油性塵埃。

濕式空氣過濾器之濾材沾污之後，洗淨塗油又可再用，或更新濾材，或利用濾材自動旋轉洗滌方式等可達到延長使用的效果（如圖 2－11）。乾式過濾器之油毛氈、尼龍棉等可用眞空清除器清除灰塵後再使用，惟玻璃棉需更換方能用（如圖 2－12）乾式過濾器中有的也裝有濾材自動送入設備。

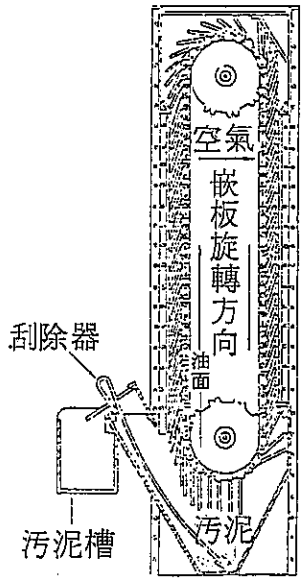


圖 2-11　濕式空氣過濾器例

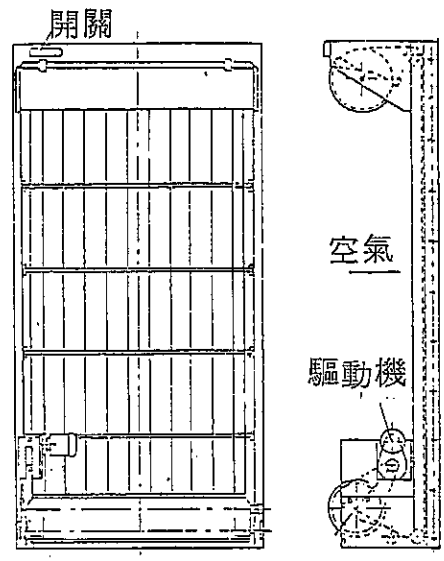


圖 2-12　乾式空氣清潔器例

③風量計、DO計

活性污泥法所需之空氣量大約爲廢水量之 4～8 倍，故需設置風量計才能掌握風量。風量計一般使用孔口式，各槽均設有分送風管及集合管，而且各槽之空氣量均需能控制。另外在各槽或流出幹渠設置 DO 計，以便瞭解曝氣槽之 DO，並調節空氣之量。

(4)污泥迴流設備

污泥迴流設備有污泥泵、濃度計、流量計、配管閥等，如圖 2－13 所示。

迴流污泥之含水率大約 99％，污泥泵一般均採用渦流式，如使用小口徑之泵，最好採用無封閉型。

迴流污泥量及污泥濃度以流量計及濃度計量測。流量計有電磁式及超音波式。濃度計有超音波式及 γ 線式等。

剩餘污泥直接送往污泥處理設施，或迴流至最初沉澱池，再與最初沉澱池之污泥一起送往污泥處理設施，其間之輸送必有賴於污泥泵。剩餘污泥有直接取自最終沉澱池者，亦有取自迴流污泥管之末端者。

(5)其他設備

曝氣槽之水面會產生泡沫，且因風力影響而四處飛散，故以設置防泡設備爲佳。

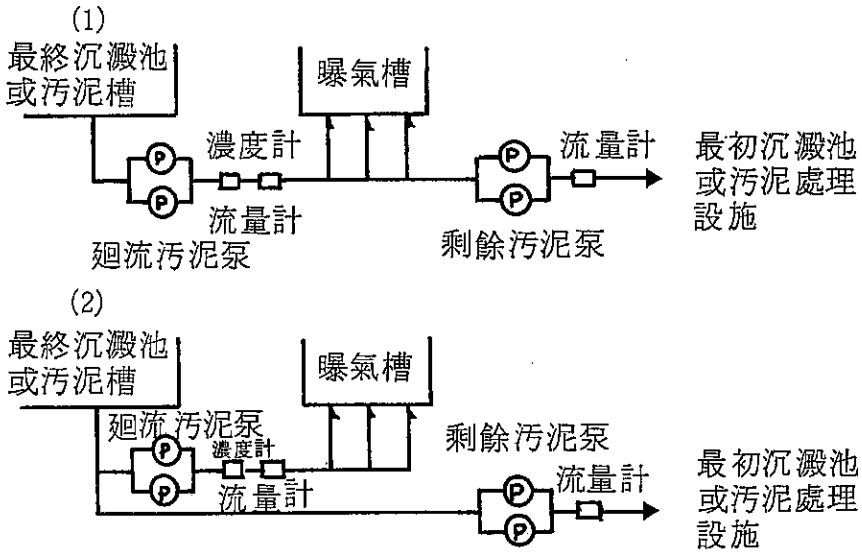


圖 2-13　污泥迴流設備之構成圖

防泡設備有散水式、防泡網式、覆蓋式等方式。散水式設備是以噴嘴將水噴射在水面藉以消除泡沫，噴嘴材料通常採用鑄鐵、銅錫合金、不銹鋼、合成樹脂等耐腐蝕物質。另外，防泡網是覆蓋在曝氣槽表面以防泡沫飛散的一種網狀物，網材使用尼龍或乙烯基樹脂襯以金屬之網。最近爲兼顧防臭與防泡，亦有採用合成樹脂製品覆蓋槽面之方法。

2－1－2　機械攪拌式曝氣槽之構造

機械攪拌式曝氣槽可以攪拌方式分成縱軸旋轉式及橫軸旋轉式（轉子式及槳葉式）兩種。（如圖 2－14）

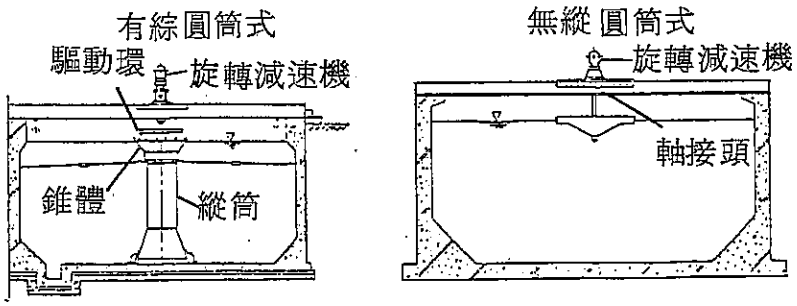


圖 2-14　縱軸旋轉式曝氣槽

縱軸曝氣槽可分成有縱圓筒式與無縱圓筒式。有縱圓筒式是混合液由圓筒底部吸引至頂部，再向四週噴散造成曝氣效果的一種方式。無縱筒式爲水面下 0.6～1.2 m處懸置旋轉翼，利用高速旋轉達到曝氣效果者。

以上這些類型之曝氣槽構造簡單，操作維護容易，動力費亦不大，適合於小規模處理廠，惟操作時聲音大，混合液中之DO也並不高是其缺點。

2－1－3　新型曝氣槽

最近已有一些新型的散氣設備出現，其中有的還停留在實驗階段，但有的已經實際在應用。從各種的實驗資料顯示，新型的散氣設備，氧的傳遞性能較高，而且比以往的方式節省 20～40％之動力費，其設備如圖 2－15。其中(a)型是利用噴嘴之作用，將空氣與混合液噴灑成細小的氣泡，而(b)型是先利用送風機使產生粗大氣泡，再用攪拌機把氣泡微細化，是一種頗受注目的節省能源設備。

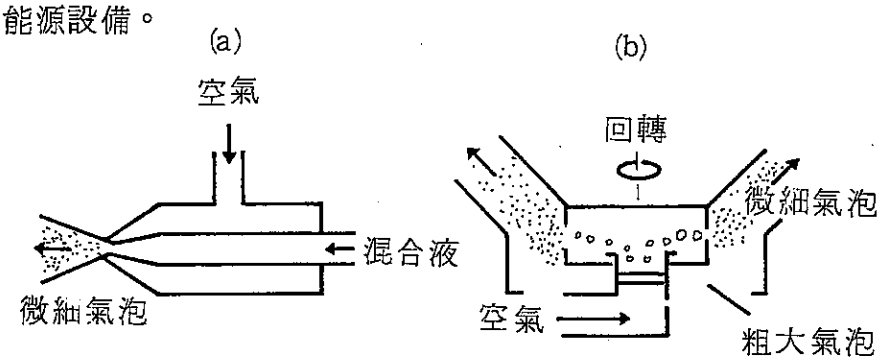


圖 2-15　新型曝氣設備

2－2　曝氣槽之水質指標

曝氣槽操作管理上所必要的水質檢驗項目如下：

1.水溫

溫度對微生物之生物化學反應速度有影響，反應速度若以攝氧率（mgO_2／g 污泥・時間）表示，溫度上升 10℃反應速度增加 1 倍，溫度降低則生物的活性降低，BOD 之去除速度也降低。一般曝氣槽溫度以 20～30 ℃爲理想。

2. pH

曝氣槽中之 pH 偏高或偏低，亦會造成活性污泥的不安定，pH 調節以 6.0～8.5 之範圍爲宜，最適 pH 爲 7.2～7.4 。惟槽內由於生物代謝的結果，pH會有稍下降的傾向。

3.MLDO

ML DO 爲表示活性汚泥淨化作用所需之氧量是否充分之測定。ML DO 與活性汚泥之呼吸速度之關係示如圖 2－16。由圖上可知當ML DO大於 0.3 mg／ℓ 以上，對於活性汚泥之處理機能就無影響，但爲顧及流入水量及水質的變化，應維持槽內流入口 DO 0.5～1.0 mg／ℓ，流出口 2～3 mg／ℓ 以上（夏季）爲宜。

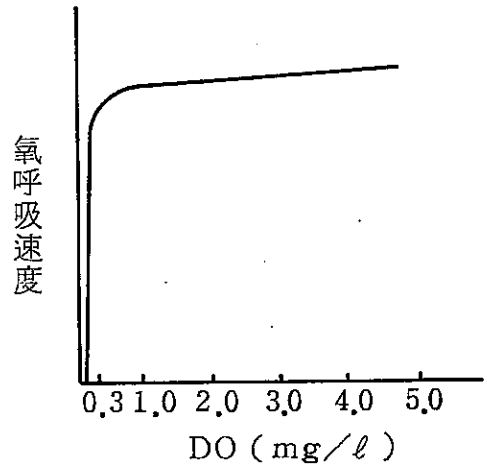


圖 2-16　活性汚泥之呼吸速度

4. ML SS

MLSS爲檢討 BOD-SS 負荷、汚泥齡（汚泥停留時間），計算SV I 及廻流汚泥量和調節剩餘汚泥量所需之水質項目。標準活性汚泥法及階梯曝氣法之MLSS大都在 1,500～2,000 mg／ℓ 之範圍。

5. MLVSS

MLVSS爲推測活性汚泥中之微生物量爲目的之測定。MLVSS 與MLSS之比率通常爲 55～70％，當 BOD-SS負荷高則比率增，反之則降低。

6. SV

SV爲推測曝氣槽內BOD-SS 負荷及汚泥齡是否在適當之範圍爲目的之項目。一般標準活性汚泥法及階梯式曝氣法之SV維持爲 15～20％。

7. 活性汚泥生物

活性汚泥之生物試驗，除特殊情形外，以原生動物爲主。正常的活性汚泥以原生動物爲多，而以纖毛蟲類和根足類較佔優勢，已如前述。原生

動物中之纖毛蟲類可區分爲下列三類，可依其組成比及個體數，藉以判斷活性污泥之淨化能力：

(1)活性污泥性纖毛蟲類

爲出現於活性污泥淨化能力高者。

(2)中間污泥性纖毛蟲類

此類大多出現於活性污泥之淨化能力淨低或恢復期。

(3)非活性污泥性纖毛蟲類

大多出現於開始操作之初期或活性污泥淨化能力惡化時。

上述三類活性污泥之生態分類、指標生物及量的組成如表 1 － 1 。

活性污泥中出現之代表性原生動物如圖 2 － 17 。又操作正常或不正常出現之原生動物示如圖 2 － 18 。

8.廻流污泥之 SV

廻流污泥之 SV ，爲檢討廻流污泥量及最終沉澱池之排泥量所需之檢驗項目。廻流污泥之 SV ，除特殊情形外，以調節至 90 %左右爲宜。但若 SV 接近於 100 %，則活性污泥有沉積於最終沉澱池之慮，必須加以注意，又 SV 若太低將因廻流多量的水至曝氣槽，致使其停留時間減短。

9.RSSS

爲檢討廻流污泥量及剩餘污泥量所需之水質項目。

10.RSVSS

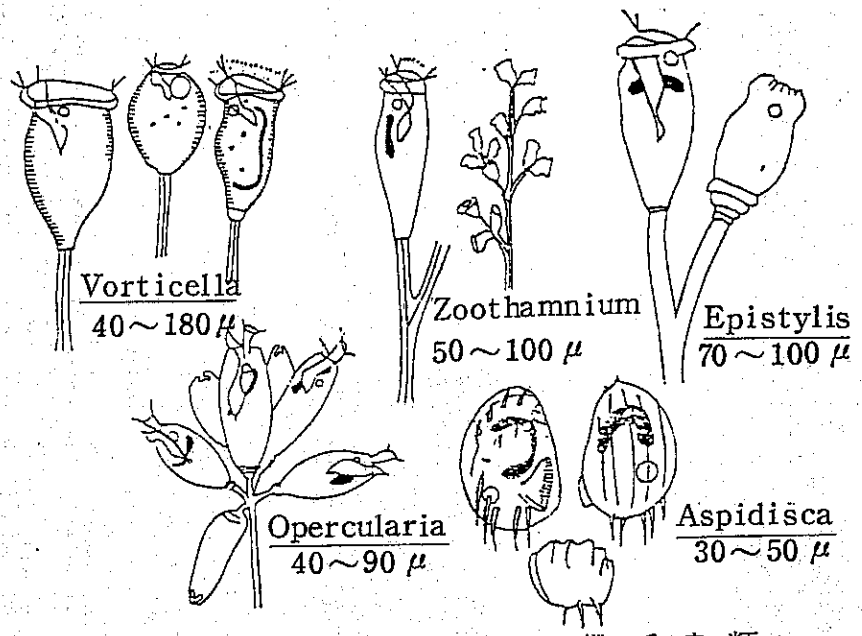
爲推測活性污泥中生物量的項目。RSVSS 與 RSSS 之比率通常約 55 ～ 70 %，依流入水之性質、水溫及槽之操作條件而異。

11.營養分

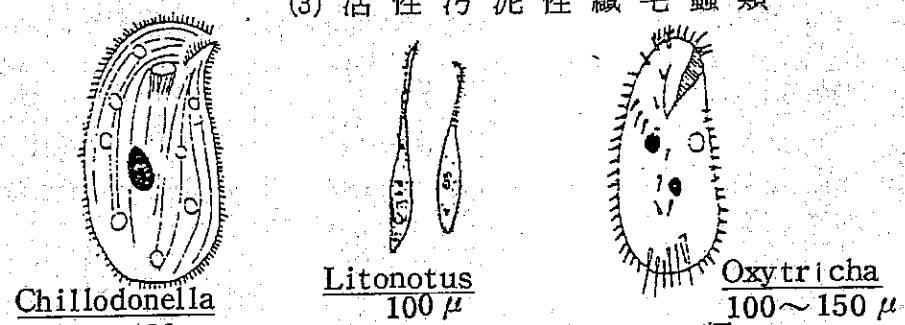
廢水處理上活性污泥之微生物代謝所必須之營養分，依微生物之組成、種類而異，除碳化合物外，尙需少量的氮、磷及其他微量的鐵、鈣、鉀等，一般以 BOD ： N ： P ： Fe ＝ 100 ： 5 ： 1 ：0.5 爲最適當。工業廢水中營養分不平衡時，氮可添加無水氨，磷添加 Na_3PO_4 ，鐵添加 $FeCl_3$ 以平衡之。

12.有害物質

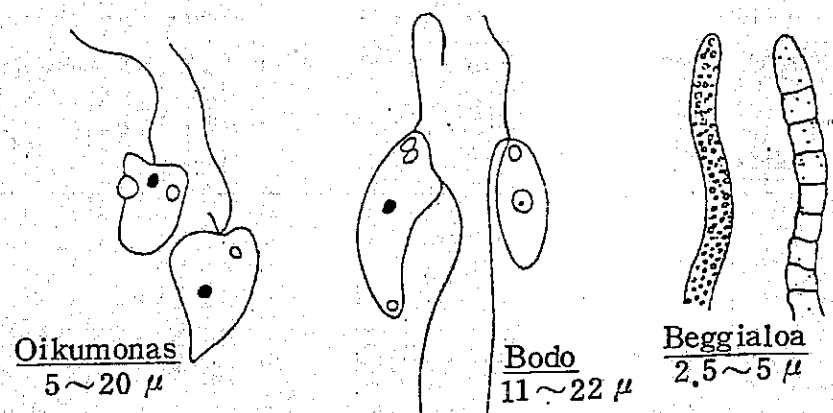
(1)殺蟲劑、消毒劑、除草及殺蟲劑等流入曝氣槽，會造成活性污泥的解體



(3) 活 性 汚 泥 性 纖 毛 蟲 類

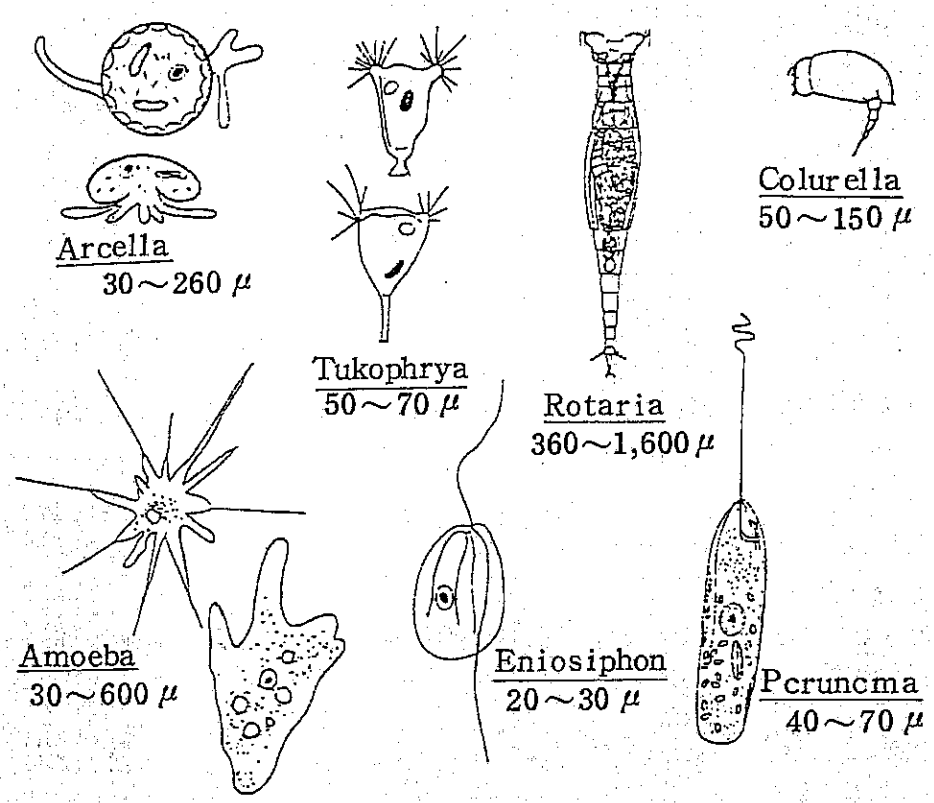


(2) 中 間 汚 泥 性 纖 毛 蟲 類

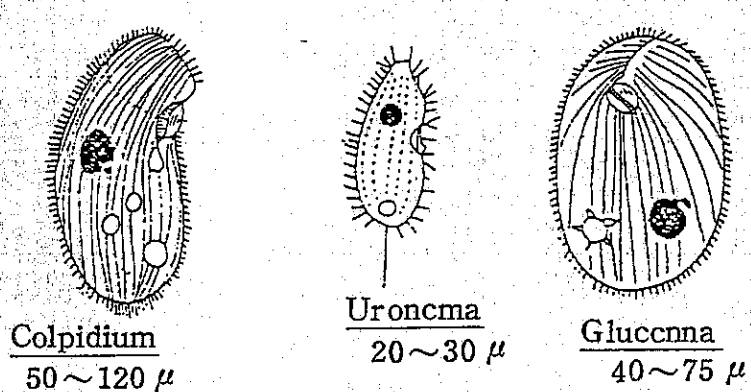


(1) 非 活 性 汚 泥 性 纖 毛 蟲 類

圖 2-17　活性污泥之原生動物例



(1) 操 作 正 常



(2) 操 作 不 正 常

圖 2-18 操作正常及不正常時出現之原生動物(例)

，容許濃度 5 mg／ℓ 以下。

(2)含有硫化物及 SO_2 廢水呈厭氧作用散出 H_2S，流入量若超過 5 mg／ℓ，亦會造成污泥解體，避免方法爲防止水流停滯或曝氣改善之。

(3)重金屬

即使微量的重金屬也會被活性污泥生物體吸收蓄積，濃縮達數百倍。金屬離子毒性強度的順序如下：

Ag ＞Hg ＞Sn ＞Cu ＞Cd ＞Cr ＞Ni ＞Pb ＞Co ＞Zn

但重金屬對於活性污泥阻害之容許濃度不一定。

㈠在曝氣槽入口污水中 Cu、Cr、Zn 若有數 mg／ℓ 時，經定時抽取剩餘污泥，則不會發生影響，否則有害。

㈡污水中重金屬含量變化大時，對活性污泥凝聚作用將造成影響。

㈢曝氣槽流入口數 mg／ℓ 的重金屬，經活性污泥吸著，其放流將可降低 90％，此乃因蓄積於活性污泥生物體中。

生物處理抑制性物質之限界濃度示如表 2－1 。

13.無機性廢水

(1)合流式下水道或雨水流入稀釋污水，致 Ca、K、Mg 等濃度降低，SVI 上升，尤其在颱風、豪雨後 SVI 上升的傾向，大都由於 Ca 濃度降低的影響。Ca 的補給可以曝氣槽總容量以 20～30 ppm 工業用 $CaCO_3$ 加入之。

(2)稀釋水的水源（河水、井水），會變更污水無機成分，致 SVI 增加，故無機成分 Ca、Na 及 P 等重金屬應定期微量分析。

(3)鹽類、尤其是氯鹽濃度高的污水，由於其浸透壓和菌體體內浸壓的差而發生活性污泥菌體的原形質發生分離，細胞機能減弱，致處理效果降低，海水稀釋氯鹽之容許限度爲 5,000 mg／ℓ 以下。

2－3　最終沉澱池水質指標

最終沉澱池爲使混合液沉澱分離，使上澄水和活性污泥達到充分沉澱分離之構造物，在水質管理上與曝氣槽同爲一體。最終沉澱池的沉澱效果，受活性污泥之性質（凝聚性、沉降性及壓密性）、操作條件（停留時間、水面

表2-1　生物處理抑制物質之限界濃度

抑制物質名	以下列符號之數量表示	汚泥處理	活性汚泥法	滴濾池法
酸（塩酸、硫酸、硝酸等）	pH 値	＜6.8	—	＞5
鹼（苛性鹼、消石灰）	pH 値	8	9～9.5	—
有機酸（醋酸、乳酸）	pH 値	5.0	—	—
氰化物（氰化鉀、氰酸）	CN	2～10	1～1.6	50
硫化氰	CNS	180	36	—
鉻酸塩、鉻酸、硫酸鉻	Cr	200	2 ～ 5	10
銅化合物	Cu	Ca 100	1	1
鎳化合物	Ni	200～500	6	—
鉛化合物	Pb	—	—	5
鋅化合物	Zn	—	1 ～ 3	—
鎘化合物	Cd	—	1 ～ 5	—
鐵化合物	Fe	—	100	＞35
食　塩	NaCl	5～10g/ℓ	8～9g/ℓ	10g/ℓ
氯化鈣	$CaCl_2$	＞20g/ℓ	—	—
氯	Cl_2	—	0	—
砷化塩、亞砷酸塩	As	—	＞0.7	＞0.7
亞硫酸鈉	Na_2SO_3	200	300	—
甲　醛	HCHO	100	800	—
甲　醇	CH_3OH	800	—	—
酚	C_6H_5OH	—	＞250	＞50
苦味酸	$(NO_2)C_6H_2OH$	—	—	20～30
alkylaryl sulfonic acid	—	500	7～9.5	9.5
清潔劑（陽離子）	活性物質	100	—	10
清潔劑（陰離子）	〃	500	9 ～ 100	5
植物性殺蟲劑	—	—	無毒	—
氯　丹	—	—	無毒	—
機　油	—	＞25g/ℓ	—	100
硫化氫、硫化物	S^{-2}	70～200	5 ～ 25	＞100

單位無特別表示者爲mg/ℓ

積負荷及溢流堰負荷）、水理條件（密度流或短流）所影響，甚至也受風的影響。

最終沉澱池上澄水之水質即爲放流水，因之對於上澄水中活性污泥之上浮或溢流狀態，應依水質檢驗結果加以綜合判斷，進行適當的操作控制。最終沉澱池之放流水水質乃反應活性污泥系統整體的操作狀態，因之對於其水質狀況，更應加以注意。

最終沉澱池水質管理上必要之檢驗項目，包括：

1. pH

通常處理水之 pH 應爲 6.8 ～ 7.2，與流入廢水相同或稍降低，在夏季水溫高淨化能力也較高時大都爲 7.0 以下較多。

2.透視度

處理水之透視度通常在 30 度以上，水質良好時可達 50 － 100 度以上。

3. SS

SS 大多在 20 mg／ℓ 以下，若活性污泥之凝聚性或沉澱性降低，或水面積負荷過大或沉積活性污泥過多時，SS 會升高。又池之水面上浮多量活性污泥時，常爲造成高 SS 之原因，應瞭解其原因，做適當的調整。又溢流堰上繁殖藻類，將會阻礙上澄水之溢流，也應加以注意去除之。

4. BOD

一般在 15 mg／ℓ 以下較多，若 BOD-SS負荷過大，活性污泥之凝聚性或沉降性降低及 SS 增加，會使 BOD 增高。又水溫高或污泥齡長時，由於硝化會導致 BOD 上升。

5. COD

放流水之水質標準，有以 COD 爲指標者，因之 COD 之檢驗爲不可或缺者，且處理水之 BOD 與 COD 間有一定的比率，可藉 COD 之檢驗以推測 BOD。

6. DO

活性污泥在最終沉澱池中，仍會消耗 DO，因之處理水之 DO 通常較曝氣槽出口之MLDO爲低。若 MLDO在正常（ 2 ～ 3 mg／ℓ ）值，但處理水之 DO 爲零時，則顯示最終沉澱池中蓄積多量腐敗的污泥，必須加以

注意。

7.大腸菌群數

大腸菌群爲生物處理過程上，構成活性污泥膠羽主要細菌群的一種，一般處理家庭污水之活性污泥法由於被棲息於活性污泥之原生動物所捕食，因之處理水中之大腸菌群數大爲減少。

正常活性污泥操作下，處理水中之大腸菌群數大多在1,000個／mℓ以下，若處理效果降低或冬季水溫較低之季節，則有超過5,000～10,000個／mℓ之現象，應加以消毒後放流之。

2－4　曝氣槽調整控制

依據水質檢驗結果，調整曝氣槽操作控制條件，以維持正常運轉，其控制指標包括：

1. SVI

SVI爲由MLSS及SV，依下式計算之：

$$SVI = \frac{SV(\%) \times 10^4}{MLSS\ (m\ell/g')}$$

例如SV 20%，MLSS 2,000 mg／ℓ時

$$SVI = \frac{20 \times 10^4}{2000} = 100$$

SVI愈大，活性污泥之沉降性及濃縮性愈低，依流入水之水質、水溫及處理條件而異。標準活性污泥法及階梯式曝氣法爲80～150左右。BOD-SS負荷低或無機性SS流入時亦低。又BOD-SS負荷高或有特殊工業廢水流入時則上升。SVI及BOD-SS負荷之關係示如圖2－19。

2. BOD-SS負荷（F／M比）

BOD-SS 負荷若過高，則流入水將因無法充分處理而流出，反之若負荷過低，則因活性污泥之體內呼吸比率高，皆會使處理效率降低。

BOD-SS 負荷，可以下式計算之

$$\text{BOD-SS負荷}\ (kg/kg\,SS \cdot d) = \frac{\text{流入廢水量}\ (m^3 \times d) \times \text{流入水平均BOD}\ (mg/\ell)}{\text{曝氣槽容量}\ (m^3) \times \text{平均MLSS}\ (mg/\ell)}$$

又 BOD-SS 負荷之外，尚有 BOD容積負荷，可以下式計算之

$$\text{BOD容積負荷}\ (kg/m^3\cdot d)=\frac{\text{流入廢水量}(m^3\times d)\times\text{流入水平均BOD}(mg/\ell)}{\text{曝氣槽容積}(m^3)\times 1{,}000}$$

BOD-SS 負荷及 BOD 容積負荷之適當操作範圍，依活性污泥法之各種處理方式而異，示如表 2 － 2 中。

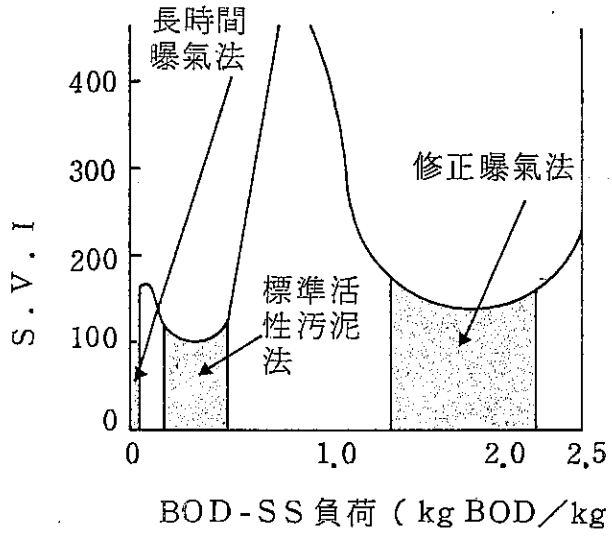


圖 2-19　BOD-SS負荷與 SVI之關係

3.污泥齡或污泥停留時間（ BSRT ）

污泥齡爲流入水之 SS 在曝氣槽之平均停留時間，與 BOD-SS 負荷同樣，爲判斷其操作是否適當的指標。

污泥齡可以下式計算之：

$$\text{污泥齡（日）}=\frac{\text{曝氣槽容積}(m^3)\times\text{平均MLSS}(mg/\ell)}{\text{流入廢水量}(m^3/d)\times\text{流入水平均之SS}(mg/\ell)}$$

$$\text{污泥停留時間（BSRT,日）}=\frac{\text{曝氣槽體積}(m^3)\times\text{平均MLSS}(mg/\ell)}{\text{排棄污泥量}(m^3/\text{日})\times\text{排棄污泥濃度}(mg/\ell)}$$

污泥齡（或 BSRT ）之適當範圍，依活性污泥法之各種處理方式而異。而曝氣時間，大多不考慮迴流污泥量，而以下式計算之：

$$\text{曝氣時間（小時）}=\frac{\text{曝氣槽容積}(m^3)}{\text{流入廢水量}(m^3/d)}\times 24\ \text{小時}$$

4.污泥廻流量

爲維持曝氣槽內污泥濃度一定，曝氣槽內混合液濃度 C_A~和廻流污泥之濃度 C_R 間之關係可以下式表之：

$$C_A = C_R \cdot \frac{r}{1+r}$$

又因　$C_R \leqslant 10^6 / SVI$

故　$C_A \leqslant \frac{10^6}{SVI} \times \frac{r}{1+r}$

則知道污泥沉降性，廻流污泥量就可決定之。污泥廻流比，SVI和MLSS之關係示如圖 2 － 20 。

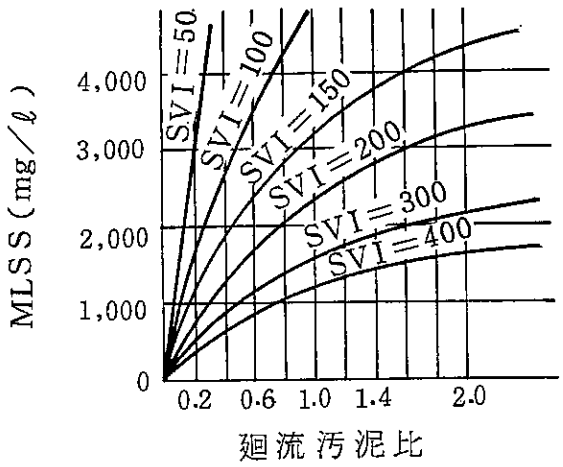


圖 2-20　廻流污泥比、SVI和MLSS之關係

5.耗氧速度

在處理過程中，活性污泥攝取水中氧之速度，與BOD濃度成正比，如圖 2 － 21 。

活性污泥混合液之耗氧速度與澄清液（通常 30 分沉澱）之 BOD 成比例，則處理狀況良好，澄清液之 BOD 愈低，耗氧速度愈慢。因此於處理廠中，如記錄處理情況良好時之耗氧速度，則對於往後之操作維護有所裨益。

標準活性污泥法中，因下水與廻流污泥同時注入混合，故開始時BOD濃度較高，耗氧速度在 50 ～ 60 mg／ℓ・h 之間，處理情況良好時，最後階段之耗氧速度爲 10 mg／ℓ・h 以下。

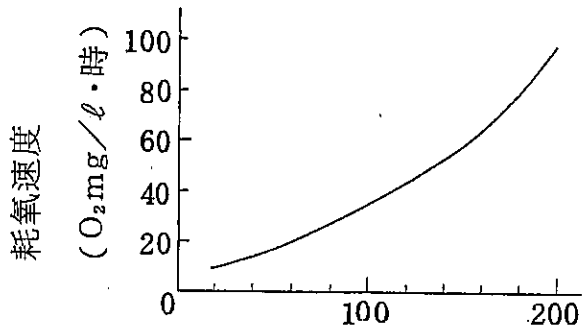


圖 2-21　耗氧速度與流入水 BOD濃度之關係

6.空氣倍率

活性污泥法，需將一定量之空氣送入曝氣槽中，目的爲①供氧，②促進槽內混合攪拌。

供氧量之表示如下式之KLa，可以實際測量之。

$$\frac{dc}{dt}=KLa\,(\,C_s-C\,)-r_r \qquad (\,2-1\,)$$

$\frac{dc}{dt}$：曝氣槽內溶氧濃度變化

KLa：氧總移動係數

C_s：曝氣槽內溶氧飽合濃度

C：曝氣槽內溶氧濃度

r_r：曝氣槽內耗氧速度

如維持曝氣槽內溶氧於一定情況下操作，則爲定常狀態，此時$\frac{dc}{dt}\fallingdotseq 0$，故（2－1）式可簡化爲：

$$KLa=\frac{r_r}{C_s-C} \qquad (\,2-2\,)$$

空氣量過剩時則易使污泥膠羽破壞，故於實際操作時須先瞭解供氧能力、〔KLa×{C_s－（曝氣槽內所需DO）}〕。以控制耗氧速度不大於供氧速度。

2－5　活性污泥法之處理方式

活性污泥法處理廢水之方式，除有標準活性污泥法之外，尚有各種修正法，各種處理方式示如圖 2－22。各種活性污泥法操作標準如表 2－2。

2－5－1　標準活性污泥法

以活性污泥法處理下水，係因利用好氧微生物（需依溶氧生存之微生物）之作用，須以人工確保所需之環境條件。其中以下水與活性污泥之相關情況，即負荷條件爲重要因素，據此因素已發展出多種處理方式，其中主要用來處理都市下水者爲標準活性污泥法。

此法係將下水與活性污泥由曝氣槽入口注入混合，僅以活性污泥吸附及氧化有機物所需時間實施曝氣，最後流出水再導入最終沉澱池，其流程如圖 2－22 所示。

標準活性污泥法處理水之放流標準爲 BOD 20 mg／ℓ以下，SS 70 mg／ℓ以下，大腸菌類數 3000 個／mg 以下。爲達成上述標準，需予良好操作維護爲要。

標準活性污泥法之代表性操作條件如表 2－2。此類操作條件並非一成不變，應依流入水質、季節（水溫）、活性污泥之狀態等各種不同狀況，予以適當調整操作維護爲宜。

2－5－2　各種活性污泥法

上面所述之標準活性污泥法爲活性污泥處理法中之主流，係將下水與活性污泥於曝氣槽入口注入混合，並以去除有機物所需的時間進行曝氣者。操作條件一般取 BOD-MLSS 負荷 0.2～0.4 kg／kg SS・d、曝氣時間 6～8 小時、MLSS 1500～2000 mg／ℓ、廻流率 20～30％等。此外，如圖 2－22 所示，此標準法爲基準依處理目的不同採用各種不同變化型處理方式，包括：

(1)階梯曝氣法

此爲處理都市下水常用之方法。將全量廻流污泥廻流至槽入口，流入下水則沿流下方向分成數道注入槽中（通常爲四道）爲其特徵，其流程如圖 2－22 此法與標準活性污泥法比較，則於不改變污泥齡、不增加流入最終沉

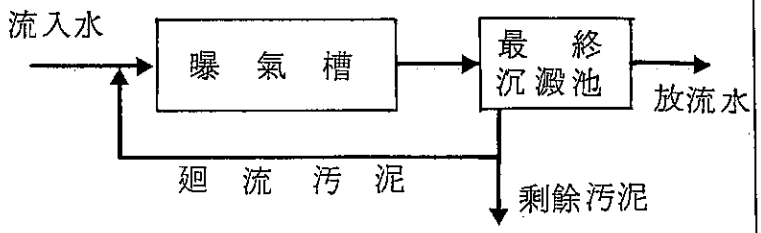
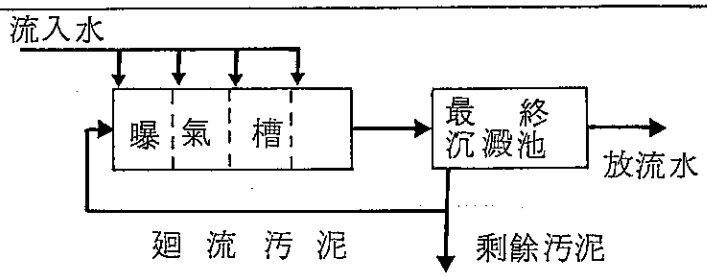
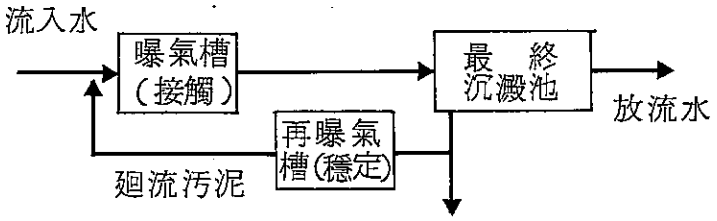
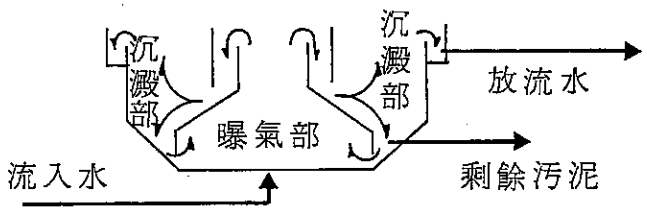
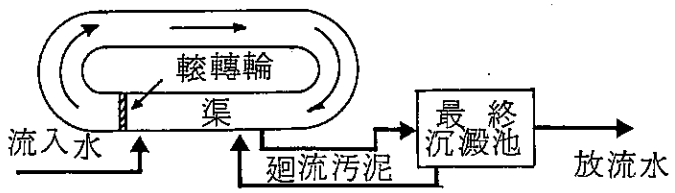
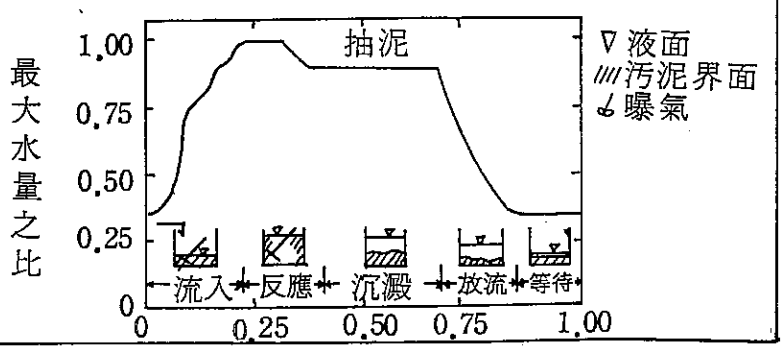
處　理　方　式	流　　程　　圖
標準活性污泥法 修正曝氣法 長時間曝氣法 深層・超深層曝氣法	
階梯曝氣法	
接觸穩定法	
高率曝氣沉澱法	
氧化渠法	
分批式活性污泥法	

圖 2-22　活性污泥各種處理方式

表 2-2　活性污泥法操作標準

項目	計算法	標準法	階梯曝氣法	長時間曝氣法	氧化渠法	接觸穩定法	高率曝氣沉澱池	修正曝氣法
曝氣時間（小時）	$\frac{V\times 24}{Q\times(1+r)}$	4.0—8.0	3.0—5.0	18.0—36.0	24—28	5	0.5—2.0	1.5—3.0
MLSS(mg/ℓ)		1,500—3,000	2,000—3,500	3,000—6,000	3,000—4,000	2,000—8,000	4,000—10,000	200—500
污泥迴流比（r）	$\frac{R_Q}{Q}$	0.2—0.5	0.2—0.7	0.75—1.5	0.5—1.50	0.5—1.0	1.0—5.0	0.05—0.15
BOD容積負荷（L_e kg/m³.day）	$\frac{BOD\times Q}{V}$	0.3—0.6	0.3—0.6	0.1—0.4	0.1—0.2	1.0—1.2	0.6—2.4	1.2—2.4
SVI(mℓ/g MLSS)	$\frac{SV\times 10^4}{MLSS}$	50—150	50—160	40—60	50—100	50—100	50—100	50—100
送風量（m³/m³流入污水）	$\frac{B}{Q}$	3—7	3—7	10—20		12	5—8	2—4
剩餘污泥產生率（%）	$\frac{W_Q}{Q}\times 100$	1—2	1—2	0.25	0.25	0.25	—	1—2
污泥停留時間（BSRT、日）	$\frac{MLSS\times V}{W_Q\times WSSS}$	5—15	5—15	20—30	20—30	5—15	5—10	0.2—0.5
BOD 之污泥負荷（Ls, kg/kg MLSS.day）	$\frac{L_e}{MLSS}$	0.2—0.4	0.2—0.4	0.05—0.15	0.03—0.05	0.2—0.6	0.4—1.5	1.5—5.0

表中　V：曝氣槽容積（m³）　　W_Q：廢棄污泥量（m³/日）　　BOD：流入污水 BOD（kg/日）
　　R_Q：迴流污泥量（m³/日）　　Q：流入污水量（m³/日）　　WSSS：廢棄污泥濃度（mg/ℓ）
　　SV：30 分鐘沉澱污泥量（%）　　B：送風量（m³/日）

曝池之污泥量等情況下，可提高平均MLSS量。

如圖 2－22 所示之流程，操作條件設定爲槽流入水之SS 100 mg／ℓ、廻流污泥 SS 8000 mg／ℓ 、污泥迴流率25%時，各回路之MLSS、C_A、C_B、C_C、C_D 之計算如下：

$$C_A = \frac{(8000\,mg/\ell \times 0.25 + 100\,mg/\ell \times 0.25)Q}{(0.25+0.25)Q} = 4050\,mg/\ell$$

$$C_B = \frac{(8000\,mg/\ell \times 0.25 + 100\,mg/\ell \times 0.50)Q}{(0.25+0.50)Q} = 2733\,mg/\ell$$

$$C_C = \frac{(8000\,mg/\ell \times 0.25 + 100\,mg/\ell \times 0.75)Q}{(0.25+0.75)Q} = 2075\,mg/\ell$$

$$C_D = \frac{(8000\,mg/\ell \times 0.25 + 100\,mg/\ell \times 1)Q}{(0.25+1)Q} = 1680\,mg/\ell$$

平均MLSS爲：

$$MLSS = \frac{4050 + 2733 + 2075 + 1680}{4} = 2634\,mg/\ell$$

但標準活性污泥法之MLSS爲：

$$MLSS = \frac{(8000\,mg/\ell \times 0.25 + 100\,mg/\ell \times 1)Q}{(0.25+1)Q} = 1680\,mg/\ell$$

由此可知，階梯曝氣法之平均MLSS爲標準活性污泥法之1.6倍，亦卽BOD負荷可增加1.6倍。

此法由於下水流入均勻，整槽中耗氧速度較均勻，易於補救局部氧氣不足問題，爲其優點。惟據操作經驗，最後回路因滯留時間較短，如減小此部份之流入量，則處理效果較佳。

2)接觸穩定法（Contact Stabilization ）

廢水中之有機物與活性污泥接觸後，於最初 30～60 分鐘進行吸附作用，本法爲高度利用此特性之方法。下水中之有機物被活性污泥吸附後，將污泥從液體中分離，另行曝氣，如此則容量減少甚多，是爲較經濟之方式。

此法之流程如圖 2－22 ，結構之特點爲擁有一個接觸槽及能讓有機物分解之穩定槽。將下水與大量活性污泥於接觸槽曝氣約 30～60 分鐘，使有

機物充分被吸附後，於沉澱池進行固液分離，即將活性污泥送往穩定槽，再進行曝氣五個小時以上，俟有機物充分分解後再將污泥廻流至接觸槽。曝氣時間雖僅五小時，但污泥量僅爲全下水量之一小部份，因此曝氣槽容量可減至最小，此爲本法之優點。本法對於吸附時間較長之溶解性有機物則效果較低，處理水質亦比標準活性污泥法稍差，因此僅屬一般所謂之中級處理。圖 2 － 22 表示分設兩個槽，但亦有將穩定槽置於前半，接觸槽置於後半者。

(3)長時間曝氣法（ Extend Aeration ）

由圖 1 － 2 之微生物增殖曲線可知，衰減增殖期之微生物隨曝氣進行最後進入內生呼吸期，亦即進入自行氧化階段，如再繼續進行曝氣，下水中之有機物終至消耗殆盡，微生物僅能以細胞體內所貯存之細胞質進行代謝，當細胞質亦不敷利用時，微生物則趨死亡，最後本體亦被其他微生物分解，以致活性污泥量大幅減少。本法即基於此特性，盡量使污泥產生量減少之一種方法。

本法於本質上與標準活性污泥法並無不同，係僅將曝氣時間延長（ 16 ～ 24 小時 ），且極力抑制剩餘污泥產生而已。雖經長時間曝氣，實際上仍舊產生剩餘污泥，此種污泥爲無機性污泥或無法生物分解之有機性污泥，其量僅約處理水之 0.25 % 。此法雖有上述優點，因曝氣時間長所需容積大，曝氣動力更見增加，故除小規模處理之外尙難適用。

(4)修正曝氣法（ Modified Aeration ）

本法與標準活性污泥法本質上並無差異，應用此法爲預知處理水質稍差者，用於放流標準規定不甚嚴格者。

本法之特徵爲曝氣時間短（1.5～2.5 hr），且以低MLSS濃度（ 400 ～ 800 mg／ℓ）下進行。採取此種操作條件，可以利用圖 1 － 2 所示之特性，即下水中之有機物量（食物量）與活性污泥（微生物）之比經常維持較高值，且微生物可以盡量顯現出對數增殖期至衰減增殖期，此段時間之特徵。在此期中微生物最活潑，惟膠羽形成貧弱，沉降性差影響水質，且污泥產量頗大。但本法之污泥齡僅 0.5 天，即使操作步調稍爲混亂，亦易恢復正常。

總之，本法常用於處理濃度較低之下水，或流入下水變動較大以其他方式難以應付之地區。

(5)氧化渠法（ Oxidation Ditch ）

本法爲設置深 1 ～ 4.5 m的溝渠，藉橫軸式輳輪或縱軸式曝氣機的轉動促使下水在環狀溝渠內循環流動曝氣的方法。構造簡單，且因曝氣時間長故剩餘污泥量少，維護管理容易。但因輳輪之構造，而限制了水深，且因曝氣時間長故需較大的面積。

(6)高率曝氣沉澱法（ High-rate Aeration ）

曝氣槽與最終沉澱池以一個相連接的壁並列，使混合液在曝氣槽部和沉澱池內循環之方法。

本法之曝氣槽內之液體流動爲完全混合狀態，槽之容量效率高，槽內之 BOD 負荷穩定，且曝氣時間可縮短爲其優點，但由於有發生短流之虞，必加注意。

(7)分批式活性污泥法

分批式活性污泥法（ SBR ）爲活性污泥法的修正法，基本上爲曝氣槽兼具沉澱槽之用，其操作分廢水流入、反應、沉澱、放流及靜待五個階段進行（ 如圖 2 － 22 ）。由廢水流入至靜待爲一循環，其一循環之操作包括曝氣及攪拌設備皆在一個反應槽內依次進行，而以連續循環操作之。本法不需要如同一般活性污泥法需另設置最終沉澱池及廻流污泥泵。本法多利用於小規模處理設施，並以全自動控制操作之，國內並已有數處實廠。

(8)深層曝氣法（ Deep Aeration ）

從標準活性污泥法發展以來，各種變化方式之曝氣槽深度多爲 4 ～ 6 m，如採更深曝氣槽則稱爲深層曝氣法（圖 2 － 23 ）。

由日本東京都之 18 m深曝氣槽之實驗得知，對於活性污泥並無任何影響，且鼓風機之電力費亦因總氧移動容量（與散氣深度之 0.67 次方成正比）之增大，致與其他曝氣法幾無差異。

由實驗知，如散氣深度增加，則最終沉澱池中之溶解氣體產生氣化，其氣泡附著於活性污泥上，使沉降性降低，並在放流水中出現多量懸浮物。其解決方法爲將散氣深度改爲一般之 4 ～ 6 m，或在流入最終沉澱池前實施 15 分鐘左右之再曝氣。

本法爲最近始實用之新方法。因設施單位容量所需面積可大幅減少（ 水

深10 m時約½以下 ），在用地取得困難之地區是一種相當有效方法。國內也已有實廠。

(9)超深層曝氣法（ Deep Shaft Aeration ）

超深層曝氣槽之水深約在 50～150 m 左右，係利用槽內高靜水壓增加氧之溶解率及促進氧之消耗率之一種新式生物處理方式（ 圖 2－24 ）。

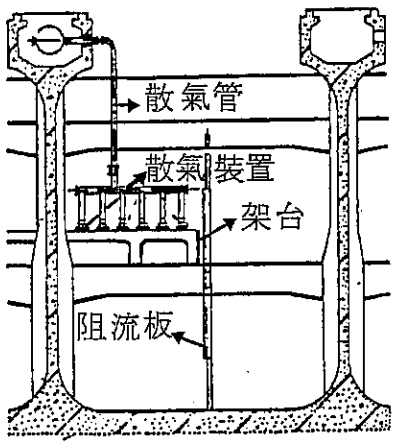


圖 2-23　深層曝氣槽

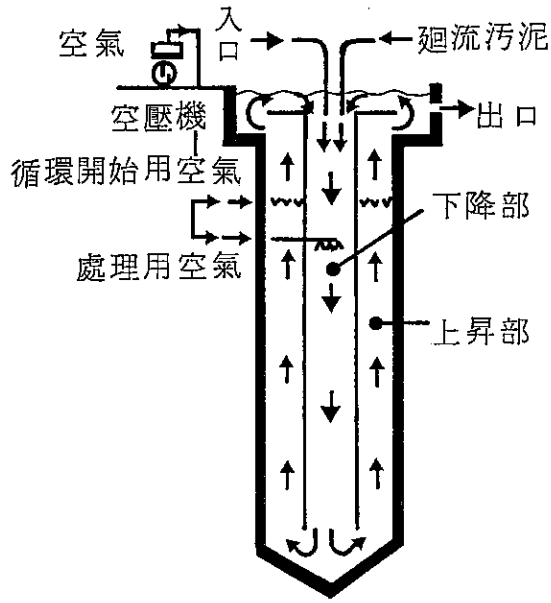


圖 2-24　超深層曝氣槽

本法係由裝有直徑數公尺深度 50～150 公尺之昇降井，其中包括上升管及下降管，管道空間與頂槽組成之曝氣槽及鼓風機、分離槽等所構成。在下降管中水面附近，以鼓風機送入空氣，使廢水與活性污泥之混合液於管中以每秒 1～2 公尺之流速下降，混合液下降愈深，由於水壓增高氧之溶解度亦隨之增大。因此對於促進氧移動速度而言，本法實爲突出性之進步系統。

本法之特徵係採取超深型曝氣水深，以減小用地面積之外，由於氧氣供應能力之提高，能使①縮短曝氣時間，②適應高負荷處理。但因混合液中含有大量微細氣泡，使固液分離較難，此外因係深井型構造，故其施工、安全性、耐久性等均須多加考慮。

本法在歐美各國採用甚多已有實績。

第三章　活性污泥法程序控制

3－1　程序控制

一個正常的活性活泥處理系統，應能承受並適應進流水流量、負荷量及環境之突變，但如果遭遇這些突變而仍不調整操作，則將無法達到預期的處理效果。如大部份進流情況的突變都可預測，操作程序即可做適當的調整。

在活性污泥法操作上有一個很重要的觀念，就是食物（F）與微生物（M）數量的比值（即BOD／MLSS比或稱F／M比），操作人員藉著控制這個比值使進流水中之食物經過處理後能近乎完全被移除，微生物亦得以維持在最佳生長條件，並具活性以有效分解有機物。

活性污泥處理設備的操作人員亦需利用各種機件設備來控制處理程序，如控制迴流污泥量以保持連續植種，控制廢棄污泥量以增加或減少微生物數量，控制輸入空氣量以維持所需之氧量等等。

再者，操作人員保持警覺，時時注意觀察各種徵象，以幫助他預知各種狀況，而能採取適當預防措施。

「觀察」對於處理系統操作情形的瞭解佔著很重要的角色，一個有經驗的操作人員會選擇若干重點來觀察。例如：污泥與泡沫的顏色，水面之亂流與溢流狀況及均勻度等等，甚至操作人員也可用嗅覺加以觀察，然而光是觀察還是不夠，仍必須自處理過程中採取水樣分析以證實他感官的判斷。應分析的項目通常包括：溶氣（DO）、生化需氧量（BOD）、懸浮固體物（SS）、呼吸率（RR）、沈降試驗（SVI 或SV）、PH值和溫度。觀察與水質分析所得的結果，操作人員應對這些結果做一評估。操作必須依照評估結果去進行，則處理將會處於正常的狀態，獲得良好的放流水質。

在操作系統中，如能維持有正常的活性污泥就可得到最佳放流水質，而活性污泥的性狀視微生物生長情況而定。要使微生物生長得好，食物分配要適中，亦即維持適當的食微比（F／M）和污泥停留時間（BSRT）。F／M和BSRT 是控制處理系統的兩個重要指標，其中F／M是最初採用也

是用得最廣的方法，其基本理論是流入系統內可被分解的有機物數量會直接影響微生物生長速率，因此食物與微生物應保持一定的比值。所指的〝比值〞例如：某人吃食物 4 公斤，體重爲 70 公斤，則食物對體重之比爲 4 ／ 70 ＝ 0.057 。

BSRT 控制法與系統中之固體物及生長率有關，以時間（日數）表示之，係指微生物在系統中之平均停留日數

3－2　F／M與BSRT控制在操作上之應用

操作人員若能瞭解有關控制的基本原理，可以發揮更良好的操作效果，諸如：

兩者之間的關係？

其對處理的影響？

其比值爲多少及如何發揮功能？

圖 3－1 可用以解釋一些基本觀念。

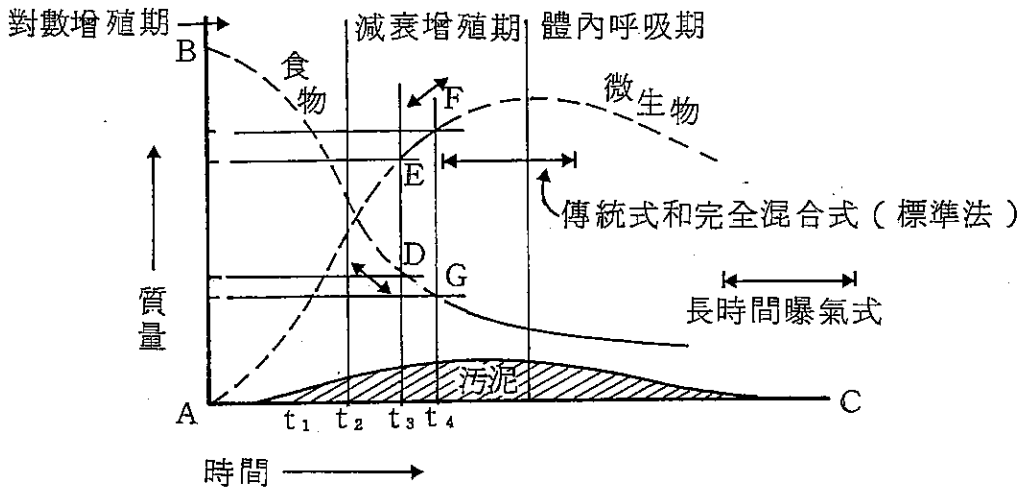


圖 3-1　微生物對有機物之代謝過程

圖中從軸ＡＢ代表質量（微生物或食物），自Ａ點向Ｂ點增加，水平綫ＡＣ表示時間（以日數表示），自Ａ點零日開始到Ｃ點。圖中兩條曲綫用以表示微生物與食物消長的狀況。若將處理系統控制於時間 t_1 條件下，則可觀察到食物耗用迅速而且微生物也迅速繁殖，同時此點之食物量遠較微生物量多，微生物活性極高而污泥產生量少，在這範圍內之操作由於微生物未成熟且具較強活性，雖然有去除效果，但不穩定。當微生物剛接觸有機廢水時，生長係用以適應新環境而不增加微生物數目稱爲遲緩期。微生物適應後迅速分解有機物，於是數目激增是爲對數增殖期。

當時間延伸至 t_2 時，兩曲綫相交表示食物量與微生物量一樣，即此時Ｆ／Ｍ＝１。當時間繼續增加有機物逐漸減少，殘餘食物將限制微生物之生長而進入減衰增殖期。ＥＤ表示微生物數目多於食物，ＥＧ亦是如此。此表示微生物停留得越久，食微比將因微生物增加而逐漸減少。食物及微生物曲綫發生折點後，生長率及氧利用率開始減少，食物再減少而至飢餓狀態，微生物即行體內呼吸而數目開始減小，操作系統控制在內呼吸狀態，則產生老化污泥。

當環境因素控制適當時，Ｆ／Ｍ和ＢＳＲＴ 有下列效能：

(1)兩者皆爲最適操作，可達放流水標準。

(2)兩者均可維持良好的放流水質和污泥穩定性。

(3)兩者均能調整生長速率、代謝和穩定有機物。

(4)兩者均能顯示穩定有機物和獲得沉降性佳污泥品質所需之微生物量。

(5)藉廢棄污泥的排除可控制適當的微生物量：

①欲維持原狀——排除每天的淨增量。

②欲增加——減少排棄量。

③欲減少——增加排棄量。

(6)由於彼此相互關連——每改變一個控制參數，另一參數也跟著改變。

(7)控制點一旦定好，須讓其保持定常狀態，直到放流水質或污泥特性需要改變才改變。

由上可知，操作控制點即是要獲得最佳放流水質與污泥之點。

3－3　F／M與BSRT控制法之比較

控制參數	F／M	BSRT＝$\frac{\text{總固體物}}{\text{廢棄固體物}}$
污泥產生量	（$\frac{\text{超量污泥的公斤數}}{\text{BOD去除的公斤數}}$） 低F／M產生之污泥少於高F／M產生者	（系統中總固體的百分比）長BSRT 產生之污泥少於短BSRT者
相互關係	低F／M等於 高F／M等於 固定F／M等於	長BSRT 短BSRT 固定BSRT
控制： 藉廢棄污泥量控制固體物（註：不計放流水中之固體物）	有兩個方法可利用： (1)選擇操作良好之曝氣槽懸浮固體物濃度並讓M保持定數（藉排除一定量固體物以維持之） 本法假定負荷率在一定時始可以並藉校正比值保持所需要的範圍 (2)隨F改變調整M以維持一定的比值	每天廢棄一定百分比之總固體物 例如：欲控制到5天，則系統的總固體物在第五天必須排棄，亦即每天20％
控制法之量測	(1)(a)MLSS量 (b)BOD_5或 (2)用7天平均的BOD或用每天的COD或用TOC作瞬間控制	MLSS的公斤數和排除污泥量的公斤數
迴流污泥	迴流比是以MLSS和沉澱池中沉澱固體物濃度而定	迴流比相同

3－4　微生物控制

活性污泥法之處理，在於能達到良好的固液分離的處理水，因之以能形成良好的膠羽爲處理目標。倘由於外在條件致形成絲狀菌的成長，將導致沉澱不佳，甚至膠羽形成菌之未成熟或老化亦會影響沉澱效果。

3－4－1　膠羽形成菌及絲狀菌特性

(1)膠羽形成菌的特性

一個操作良好之處理程序可藉下列指標判斷之：

①有機體趨於群集。

②呈淡棕色膠羽物質。

③沉降均勻，留下細小的顆粒。

④以顯微鏡檢查，有非常小的鞭毛蟲（ flagellates ）和阿米巴蟲（ amoeba ）、自由游動的纖毛蟲（ free swimming ciliates）和一些酒杯狀纖毛蟲（ stalked ciliates ）。

(2)絲狀菌的特性

①爲重量輕，顏色淡的一群，無法沉降而隨放流水流出。造成污泥浮上是爲〝污泥膨化〞現象（ bulking sludge ）。

②外觀上呈絲狀，故統稱爲〝絲狀微生物〞，可藉顯微鏡檢驗出來。

③在有氧、無氧下均能生存，若屬好氧菌，則減少空氣或暫時關閉空氣即能殺死。若爲兼氧性則需加氯殺滅之。

④眞菌呈絲狀，通常喜歡生長於含有碳氫化合物的廢水或特殊有機化合物中。

3－4－2　未成熟污泥對操作之影響

處理程序若在有意或無意之下控制爲不完全反應，則將產生不完全處理之結果。當遇到這種操作情況，細胞質量將不受食物限制而快速增值。這情況意味着合成佔優勢，稱爲對數增殖期，細胞在本階段之生長甚爲迅速。

假若不考慮其他控制因子，則好比是小孩與大人比較代謝速率一樣，顯然小孩子較高。這亦就是說所攝取氧和食物全部供給能量以製造新細胞和組織，通常他們需要額外食物補給，這種過程持續且快速生長，直到小孩長大

成人。

如同小孩子一樣，所有的生物在這階段中是年輕力壯的，需要大量的食物和氧量，但無法利用所有食物，因有機體尚無法完全適應吃這些流進來的食物，故無法有效去除ＢＯＤ。再則由於活動力高，污泥未能凝聚沉澱下來。因之，在最終沉澱池之放流水中，操作人員可發現ＢＯＤ、ＳＳ 逐漸增加。另外尚有兩種現象即沉澱池中有淡棕色翻騰的顆粒，且在曝氣槽有白色翻騰的泡沫。

操作人員可藉着下列任何試驗，以判斷上述情況：

(1)曝氣槽中的ＤＯ——由於需氧量的增高因而減少。

(2)最終沉澱池的ＤＯ——近於零或等於零，此乃微生物在最終沉澱池內亦進行代謝穩定有機物作用之故。

(3)ＳＶＩ或ＳＶ——污泥呈淡棕色，沉澱緩慢。

(4)ＲＲ——大於正常值。

(5)放流水的ＢＯＤ——ＢＯＤ 可能增加，因爲沒有足夠的微生物分解有機物，致使ＢＯＤ 從最終沉澱池流出之故。

(6)Ｆ／Ｍ——比正常值高。

(7)ＢＳＲＴ——太短，由於是未成熟污泥故污泥停留時間短，沒有足夠時間供代謝之用。

(8)ＭＬＳＳ——與ＳＳ比較，顯示固體物之快速增加。

通常這只是高ＢＯＤ 負荷或超量排棄污泥所產生的短暫現象，假若這種情況繼續延續達 48 小時，則將引致污泥膨化現象。正常的操作校正包括增加曝氣槽中ＤＯ（增加空氣供給量）。若需要長期校正，則可降低排棄污泥量以增加污泥停留時間，如僅爲暫時性現象，則可不必調整排棄污泥量。

３－４－３ 老化污泥對操作程序之影響

另外一種與操作有關的是老化污泥，在這種情況下微生物與老年人相似，例如當生長成熟時，生長率將慢慢遞減直至死亡。當活性降低時對食物的攝取減慢，新細胞產生率亦緩慢，多數食物貯存變成脂肪質組織。如一個人在休息且幾小時不吃東西時，主要的能量來自身體內的熱能，這些能量的來源爲來自體內的氧化，從體內所貯存食物中獲得，若一直不攝食，則將繼續

呼吸直到飢餓死亡爲止。在這段飢餓期間，體重減輕而有更多的物質轉換成能量。

微生物在老化與飢餓時之反應幾相同，活動力降低，需要的食物和氧量均減少。低的活動力會促使污泥濃縮成厚重的膠羽而快速沉澱無法發揮共沉作用，致使細小膠羽仍懸浮在沉澱池之上澄液中；老化污泥沒有能力消化曝氣槽中的大量有機物，操作人員在最終沉澱池中可觀察到細小膠羽溢流出堰外，但是污泥氈厚度仍小於池深度之１／４，同時在曝氣槽中亦可能有厚厚一層暗黑色的泡沫。下列試驗可用以判斷上述情況：

(1)最終沉澱池的ＤＯ——比正常值高。

(2)曝氣池的ＤＯ——比正常值高。

(3)ＳＶＩ或ＳＶ——沉降速率大，壓密情形良好，上澄液有細小顆粒。

(4) ＲＲ ——比正常值低。

(5)放流水的ＢＯＤ——沒有改變。

(6)放流水的ＳＳ——增加。

(7)Ｆ／Ｍ比——低。

(8)ＢＳＲＴ——長，而產生過度氧化之污泥。

(9)ＭＬＳＳ——過高。

這種狀況在處理過程中經常發生，因操作人員要保持曝氣槽有高ＭLSS值，以便有更多微生物，以應付負荷突變。此雖係屬於安全操作，但卻亦產生了一些問題。校正方法爲降低污泥停留時間，藉增加廢棄污泥量以增加Ｆ／Ｍ比。有些時候需要利用老化污泥，如內呼吸期的好氧消化槽和長時間曝氣法，這些操作程序採用低負荷率、高微生物量（Ｍ）和較長的污泥停留時間，在這種情況下連續操作會產生質輕似灰的死污泥。當細胞死亡後，將會把內部貯存的有機物釋出供其他活細胞做爲食物之用。

３－４－４　最佳操作條件

傳統式標準活性污泥法操作，其污泥應控制在成熟狀態，程序控制特別要注意污泥的質而非量，這可藉控制適當的曝氣槽ＭＬＳＳ與污泥停留時間達成之。最佳操作條件爲：

(1)足夠的曝氣延時，得以代謝食物。

(2)污泥停留時間（ BSRT ）足供形成成熟的污泥。

(3)足夠的微生物以消化穩定進流有機物。

(4)污泥要具有良好的沉降性，沉降時能與懸浮顆粒一起下降。

(5)迴流污泥保持在活性狀態。

3－4－5 固體物（或污泥）的生成

由於微生物代謝結果固體物（或稱污泥）會在系統內累積，在正常的家庭污水操作情況下，每去除一公斤的BOD ，則有 0.56 公斤新的固體物（或稱細胞）長成，此稱爲 "生長率" （ growth rate ）此值僅表示處理家庭污水的平均值，適用於無資料可用時。正確的生長率應依操作時的MLSS濃度、流量、BOD 值決定之。每一廠的生長率均不相同，因爲廢水不同及有些因子的影響，諸如：

(1)污泥齡增加時生長率減少，此因爲細胞已經進入內呼吸期。

(2)MLSS濃度增加時，生長率降低。

(3)F／M比——高F／M比產生高的生長速率，直到生長受食物量限制；低F／M比則生長率亦低。F／M值爲 0.5 ，可得大於 0.1 之生長率。

(4)溫度亦影響生長率。溫度低，生長率慢，因此在嚴冬之生長率低於熱夏，所以廢棄污泥比率必須依季節的變化調整之。

系統中污泥淨增加量爲從系統中排棄污泥與隨放流水流失污泥之和。由於污泥會每日增長，故必須從系統中排棄，其理由有二：

(1)維持正常的F／M比，必須排除過剩的污泥量。

(2)使放流水中之懸浮固體量降至最低。

3－5　最適操作範圍

在程序操作上，每一類型的程序在F／M與時間上均有一定的操作範圍，若超過此範圍則操作處理效果降低。最佳的F／M值標準法爲 0.2～0.4（與進流水質有關），長時間曝氣法則以 0.02～0.1 爲宜。

傳統式（標準法）或完全混合活性污泥法，F／M比與BSRT 值在操作上的比較：

1.高F／M比——短BSRT

爲低MLSS和短BSRT之特性

優　點

(1)經濟，所需空氣量少

(2)負荷率爲常數時，可適用之。

可能的問題

(1)沒有足夠微生物以分解有機物時常發生問題。

(2)對於突如其來的負荷突變沒有緩衝作用，如pH、毒性等等。

(3)放流水之BOD 可能增加，固體物去除效果不佳。

(4)BSRT太短，導致不完全代謝。

(5)SVI 增高或SV以及 RR 上升。

(6)污泥沉降性不佳。

2.低F／M比——長BSRT

爲高MLSS和長BSRT之特性

優　點

(1)高MLSS 值可減少由於 pH、BOD、毒性物質 、溫度等所引起之負荷突變之影響。

(2)可消除泡沫引起的困擾。

(3)適於BOD 負荷大，且常有突變之情況。

可能的問題

(1)由於系統中微生物量超過所需利用分解有機物量，導致不良的代謝反應。

(2)可能造成有利於絲狀菌繁殖的環境。

(3)由於固體物無法有效分離，而導致最終沉澱池超負荷，固體物將隨水流溢出。

(4)須注意曝氣槽中溶氧量以防止曝氣不足。

從上述兩種極端條件可知，F／M比必須善加選擇。影響選定F／M比有下列因素：

(1)操作方法。

(2)廢水性質和種類。

(3)廢水負荷之變化情形。

(4)環境因素，亦即氣溫、廢水溫度與季節變化。

(5)BOD負荷。

每一處理廠最佳的操作值應該依處理放流水質，經由實驗實地求出。總之，選用操作的F／M或BSRT 值，必須能使放流水得到低SVI 和BOD 。一般而言，在多天放流水中固體量較多，在夏天則較少。

3－6　改變污泥迴流量或排棄量對於操作之影響

在討論程序控制操作步驟之前，必須先強調所有影響因素彼此互有關連的，也就是說，改變一個變數將影響到另一變數，即所謂「牽一髮而動全身」。例如增加食物，將改變微生物的生長而影響MLSS 濃度、空氣使用量和沉降性。

同樣的，改變污泥迴流量和排棄量亦將影響程序上之操作，諸如：

(1)空氣需要量和使用量。

(2)污泥沉降性。

(3)污泥停留時間（BSRT）。

(4)F／M比。

(5)濃度（MLSS和已沉澱之污泥）

因此，操作人員要先認識瞭解會對程序造成衝擊的所有因素，才能決定增加迴流比或減少廢棄污泥比。表3－1爲改變操作步驟對程序操作之影響。由下表可知，欲增加BSRT 和MLSS 濃度，操作人員可採下列步驟之一進行之：

(1)增加RAS流量，使WAS保持一定。

(2)降低WAS流量，使RAS保持一定。

(3)增加RAS，減少WAS。

如欲降低MLSS濃度，則可採：

(1)減少RAS流量，並使WAS保持一定。

(2)增加WAS並使RAS保持一定。

(3)減少RAS並增加WAS。

必須注意這些改變所引起的影響，並不是立即呈現，事實上依所採污泥

齡而定或五天至七天之後這些影響才會顯現。

表3-1　操作關係(RAS/WAS爲變數)

操作影響 / 操作變數	RAS濃度	排棄污泥	MLSS	F/M比	BSRT	MLSS/RAS	沉降率
改變RAS；WAS不變							
增加RAS	減少	減少	增加	減少	增長	—	增加
減少RAS	增加	增加	減少	增加	減短	—	減少
改變WAS；RAS不變							
增加WAS	減少	—	減少	減少	減短	未影響	減少
減少WAS	增加	—	增加	增加	增長	未影響	增加
兩者均改變							
增加RAS 減少WAS	增加	—	增加	減少	增長	—	—
減少WAS 增加RAS	減少	—	減少	增加	減短	—	—

註：(1)表中所列的關係爲假定在沉澱池不發生代謝反應，以及污泥具有良好的沉降性。

(2)RAS＝迴流污泥

WAS＝排棄污泥

3－6－1　迴流污泥的操作

污泥迴流泵常以設計流量（Q）的 100 %設計，但在正常操作上不需要如此大的數值，然而在尖峰流量當污泥毯注滿最終沉澱池時，或當高濃度廢水流入時，則須提高抽送量。

污泥迴流需整天連續操作，其主要因素：

(1)依沉澱池中之固體負荷，池子受設計負荷之限制（可參看設計規格）。

(2)由F／M比可決定曝氣槽中MLSS的濃度。

(3)藉SVI可量測進入沉澱池之固體物的可沉降性。

(4)進入曝氣槽之進流水量。

(5)迴流污泥中固體物的濃度。

自沉澱池將污泥迴流至曝氣槽是活性污泥法中重要操作之一，要迴流多少量有時候很難確定。迴流污泥最主要的目的是提供曝氣槽中足夠的微生物以配合流進來的食物量。

操作人員第一件要知道的事，是迴流污泥中到底要含多少固體物才能維持依F／M比計算出的MLSS濃度，此可藉質量平衡估算之。

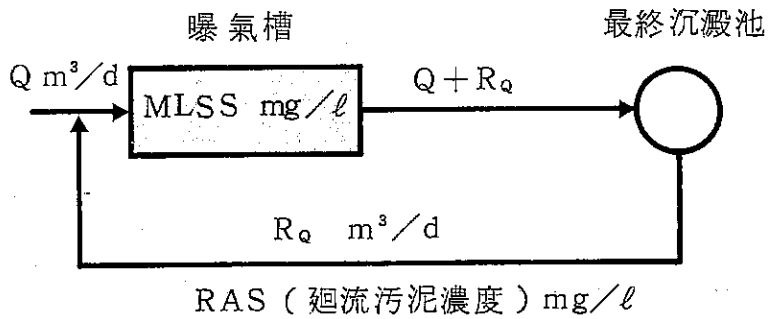


圖 3-2　標準活性污泥法流程圖

基本公式：

$$(Q+R_Q)MLSS = R_Q \times RAS$$

例：當 Q = 600 m³／d，R = 30 %　MLSS = 2,000 mg／ℓ 時求RAS的濃度。

解：600 m³／d × 0.3 = 180 m³／d……R_Q

$$RAS的濃度 = \frac{(Q+R_Q)MLSS}{R_Q} = \frac{(600+180)\times 2{,}000}{180} = \frac{1{,}560{,}000}{180}$$

$$= 8{,}666 mg／\ell$$

即迴流污泥濃度必須達到此值，才能達到所要求的沉降特性。一般在SVI＝100，即可達到這個要求。

假使沉澱池無法達到這個要求，則應增加迴流污泥量而減少排棄量，直到濃度有所改善。

有兩種方法可決定迴流污泥的比率：

方法A

迴流比可由流量及MLSS濃度和污泥沉降性決定之：

$$R_Q = \frac{Q \times M}{\frac{1,000,000}{SVI} - M}$$

式中：R_Q ＝迴流污泥 m^3/d

Q ＝處理廠進流量，m^3/d

M ＝MLSS，mg/ℓ

SVI＝24小時間之污泥容積指數

例：當Q＝1,200 m^3/d，M＝3,400 mg/ℓ，SVI＝100，試求R值

解：$R_Q = \frac{1,200 \times 3,400}{\frac{1,000,000}{100} - 3,400} = \frac{4,080}{6,600} = 620\ m^3/d$

Q的百分比 $= \frac{620}{1,200} = 50\%$

在本例中，污泥迴流泵之迴流容量不得低於 $\frac{620,000\ \ell/day}{1,440\ min/day}$ 或416公升/分

方法B

迴流比亦可利用由MLSS濃度和流量求得的沉澱池近似污泥濃度來估算：

$$R_Q = \frac{\frac{MLSS(mg/\ell)}{RAS(mg/\ell)} \times Q}{1 - \frac{MLSS(mg/\ell)}{RAS(mg/\ell)}}$$

試由上式求R_Q值爲360 m^3/d

3－6－2　排棄污泥的操作

每日排棄污泥的操作可採用連續或間歇方式，視污泥量而定，連續排棄較容易控制和監視，間歇操作則應注意時間和污泥性狀。若基於處理廠排泥

之需要，必須採用間歇式排棄污泥時，最好在下午排棄污泥。不論連續或間歇操作，廢棄污泥主要目的在於使曝氣槽維持適當的污泥以適應負荷量的變化。

以下爲排棄污泥的幾個原則：

⑴計算訂定排棄量和時間以維持系統中適當的固體物量。

⑵當負荷量增加而曝氣槽中的微生物（Ｍ）總量不足時不要超量排棄。

⑶監視最終沉澱池的污泥毯——此可告訴吾人何時開始排棄或增加排棄比率。上述係在ＳＶＩ固定，而ＲＡＳ的變化每天不超過± 20 %時適用之。

⑷①欲增加曝氣槽中固體物的總量（降低Ｆ／Ｍ比）時——可減少或停止排棄量而增加迴流量。

②欲降低曝氣槽中固體物的總量（增加Ｆ／Ｍ比）時——可增加排棄量而降低迴流量。

⑸當操作不正常時，應改變正常的排棄量。

⑹超量排棄的長期影響——過久的超量排棄將降低ＢＳＲＴ 或污泥齡，導致產生未成熟污泥而需要多量的氧。測定細胞呼吸率時，呼吸率將會增加；溶氧值相對降低。

⑺排棄量不足的長期影響——長久廢棄量不足，將增加ＢＳＲＴ 或污泥齡，而產生呼吸率低的老化污泥。

⑻適當排棄量的控制——長期程序控制的調整，至少需有一個污泥齡的時間來確定其效果。當程序上需要改變排棄量時，最好的方法是每次增加 20 %，並繪出每次的變化圖，如此可避免處理系統之異變。當這種改善法呈現正值效應時，應使之維持三天直到整個系統確定正常爲止。

⑼排棄量可用以控制沉降速率，減少排棄量可使膠羽密度變大，而促進沉降速率。增加排棄量會產生較輕的膠羽而降低沉降速率。這些狀況須要維持 3 天或 4 天才能確保整個系統穩定。

⑽在較大的（雨天）流量時，應減少排棄量或會面臨ＳＳ的降低，因最終沉澱池會有超量固體物流出。

對於每天連續或間歇式的排棄污泥，則可使用下列方法計算排棄量。

排棄污泥流量體積之計算：

(1)決定要排棄之總量（公斤）

例：系統中的污泥量：

觀察值＝21,000　　公斤

希望值＝20.000　　公斤

則排棄量＝ 1,000　　公斤

(2)以公升表示

公升×排棄量／濃度百分比（％）＝公升數

例：由於廻流污泥（ RAS ）與排棄污泥濃度相同。

假設濃度＝6000 mg／ℓ ＝ 0.6％總固體量則 6,000 mg／ℓ之污泥的公斤數（ 0.6％或0.006 ）爲1,000公升／ 0.006 ＝ 167,000 公升

(3)依排棄系統的能力決定排棄量。

例：假設排泥泵之排泥能力爲 80 ～ 200 ℓ／min 且可在 16 小時內排完。

a. $\frac{1,440\text{分鐘}}{\text{日}} \times \frac{16\text{小時}}{24\text{小時}} = 960\text{分鐘}$

b. $\frac{167,000\text{公升}}{960} = 174\ \ell/\text{min}$

因此排泥泵於16小時排除1,000公斤之污泥的流量應爲174公升／分鐘。

第四章　處理程序之監視

處理系統操作正常與否常有蛛絲馬跡可循，操作人員可以根據這些跡象來調整控制。"瞭解"和"鑑別"對操作員是個重要的工具，假若不能判斷潛在的問題，就無法將處理廠做有效操作。同樣的，假若不能利用實驗結果來調整操作，則再好的試驗亦是白做。一般處理程序的指標有物理觀察與實驗室檢驗。

4－1　物理觀察

熟練的操作人員，於觀察曝氣槽和最終沉澱池的水面狀況就能判斷污泥生長情形、處理程序正常否與是否需要調整。然而在改變操作之前仍需藉試驗來確定觀察的結果。

1.曝氣槽方面

(1)表面紊流	(1)正常：依曝氣設備類型與過去操作情況而定。但整個槽中應有紊流產生。 (2)不正常：有死角表示空氣量和攪拌不足。 (3)調整方法：調整空氣量並使整個槽曝氣均勻平衡，如仍無法達到，則顯示曝氣設備應加維護與清理（尤其是散氣式曝氣系統）。
(2)泡　　沫	(1)有適量或少量的淡色泡沫，表示處理系統處於良好的狀態。 (2)積厚且泡沫呈白色翻騰顯示爲未成熟污泥，應查對是否ＢＳＲＴ 過短或Ｆ／Ｍ過高，其他檢驗項目包括呼吸率（ＲＲ）、ＳＶＩ、沈澱速率等。若污泥毯在最終沈澱池增厚，則應增長ＢＳＲＴ 或降低Ｆ／Ｍ值。 (3)有褐色泡沫形成的濃稠浮渣層，表示污泥已老化，應增加排棄污泥量。其他檢驗項目包括：呼吸率、ＳＶＩ、沈澱速率是否降低或減緩。

2. 最終沈澱池方面

最終沈澱池中假若污泥毯是在池深的一半以下時，表示操作狀況良好；若有細小膠羽從溢流堰溢出，這通常只是短暫的現象。

若有下列任何狀況出現，應參看第五章問題對策應變之：

(1)表面浮渣　水面有大量浮渣，此現象大多是由死亡的微生物所形成，表示操作程序可能處於內呼吸期。

(2)細小膠羽　細小膠羽不斷溢出溢流堰，表示污泥可能已老化。

(3)翻騰的膠羽　因污泥不成熟，即F／M比太高所致。

(4)污泥塊　污泥中有空氣氣泡存在或污泥在最終沈澱池中停留過久而致腐敗惡化。

4－2　控制試驗

在二級處理程序上，可藉實驗室檢驗以監視處理過程與放流水質；有些檢驗項目爲符合政府所規定放流水標準之要求而做，有些則爲了處理程序操作控制之需要。

1. 檢驗項目

在決定程序控制之檢驗計畫時，應考慮下列幾個因素：

(1)進流水的種類及其變化。

(2)時間因素。

(3)微生物性質。

(4)可利用的實驗室設備。

2. 進流水質對檢驗項目選擇的影響。

若進流流量和BOD負荷預期相當穩定，則檢驗BOD_5即可，若有不可預期的突變而需馬上調整，則操作人員應選擇在短時間內即可得到結果的檢驗項目，如COD（3小時），TOC（15分鐘）或BOD變化平均值。

3. 時間因素之影響

不論處理廠規模大小，操作人員"應該能預估所期望的處理廠負荷，再按此預估的負荷值設定污泥排棄方式。"爲達此一合理估算值，操作人員必須克服下列兩個問題：(1)BOD檢驗之時間因素，BOD檢驗至少要五天才

能知道。(2)是變化相當大，負荷率不僅呈時變化，且有日、週及月變化者。最佳解決方法是利用最不受時間影響之檢驗並調整最大和最小流量之變化，其具體措施可依本章4－4。

4. 生物量對試驗方法之選擇

進流水質與程序操作直接影響曝氣槽中微生物特性，而微生物特性與污泥沈降性、放流水質有關，因此對微生物生長特性之了解將有助於操作程序之控制，這可藉量測微生物量、代謝作用與污泥沈降性而達成之。

用以量測生物量之試驗方法包括：

(1)現場離心法——15分鐘即可求出固體物濃度，一般操作人員喜歡採用此法，但污泥齡ＢＳＲＴ和污泥沈降性會影響試驗結果，因此試驗結果與ＢＳＲＴ、ＳＶＩ或ＳＶ 有關，通常需繪出試驗值與ＳＳ之關係曲線。

(2)懸浮固體物（ＳＳ）——量測過濾ＳＳ的乾重，最主要的缺點是無法顯示活性的部份，本試驗可用於分析混合水樣或隨機水樣。

(3)揮發性ＳＳ——本試驗可提供活性微生物的概略指標。揮發性ＳＳ是在600°C燃燒後所減少的ＳＳ量。

(4)總有機碳分析儀——用總有機碳分析儀量測進流水的食物頗爲有用，因係直接量測流入曝氣槽進流水的ＴＯＣ（Ｆ）和迴流污泥的懸浮有機碳的ＴＯＣ做爲近似Ｍ值。Ｆ／Ｍ比可在30分鐘之內求出。

(5)ＤＮＡ（去氧核糖核酸）——可用以測得污泥中的生物有機體。最大缺點是無法分離活的或已死的細胞。

(6)ＡＴＰ（腺嘌呤核苷三磷酸）——僅能用以量測活的細胞。

用來表示污泥性質之試驗有ＳＶＩ與沈降計（Seftlometer），這些試驗主要用以表示混合液懸浮固體物的沈降特性。

(1)ＳＶＩ——繪製試驗結果能表示污泥沈降性的變化。當放流水質最佳時，可求得適當的ＳＶＩ值。

(2)沈降計——本法比ＳＶＩ可提供更多有關污泥性質之資料。

5. 用於程序控制的其他試驗

下列各項試驗亦可做爲處理程序控制和監視之用：

(1)流量——處理廠流量Ｑ通常以ＣＭＳ或ＣＭＤ表示。藉流量測定以計算

其他檢驗項目結果及決定水力負荷。同時迴流污泥（R_Q）與排棄污泥量（W_Q）之決定均與流量有關。

(2)空氣量——供給空氣量必需滿足廢水中BOD 氧化作用所需氧量，處理系統微生物生長呼吸之用以及使曝氣槽能有充分攪拌。傳統式活性污泥法所需空氣量可按F／M比計算之。

①F／M≥0.3，空氣需求量爲每去除1公斤BOD 需要30 － 54 M^3。

②F／M＜0.3，爲處於內呼吸、氮化和較長的BSRT，需要增加到72 － 108 M^3。

實際空氣供給量之控制乃爲維持曝氣槽中適量的溶氧，可用DO 計測定之。

(3)溫度和 pH 值——其重要性已於前面討論過。

4－3　沉降試驗

污泥沈降性質是操作人員評估處理系統正常與否的第二要素，微生物有機體的膠凝化及緩慢沈降能力，可得良好的生物污泥。污泥沈降性可藉 SVI 測定和沈降計量測以表示之。

1.污泥容積指數（SVI）

30分鐘之沈降試驗可供操作人員判斷活性污泥（MLSS）之沈降性與壓密性之良窳。進行實驗時，將取自曝氣池之活性污泥完全混合後置於一1,000 ml 具有刻劃之玻璃量筒內，隨着時間記錄污泥面之變化。

30分鐘沈降試驗注意之要點如下：

①每天上午和下午各進行一次。

②曝氣池改變操作流程或負荷改變時須進行隨機測試。

③每次取樣點位置與取樣方式須維持一樣。

④取樣或倒入玻璃量筒須緩和操作，避免激烈攪拌或傾倒。

⑤須確定置入玻璃量筒之水樣體積至 1000 ml 刻劃處。

⑥測試須依時間讀記，同時也須記錄水樣之水溫。

⑦讀測活性污泥沈降液面，前30 分鐘每隔5分鐘記錄一次，之後每隔10分鐘記錄一次直至60分鐘。

往往因爲操作人員流於形式之記錄污泥面與時間之關係，未能仔

細觀察污泥沈降之變化，故而也減低 30 分鐘沈降試驗作爲判斷污泥沈降良窳之功能。進行 30 分鐘沈降試驗須仔細記錄以下要點：

A、前 5～10 分鐘

①污泥膠羽（Sludge Particles）有否結聚（Agglomerate）成毛毯（Blanket）現象發生？

②污泥有否穩定緩慢聚密（Compact），且上層液澄清？或

③污泥膠羽有否成雲鬆狀（Cloudy）沈降？

④上澄液是否有鬆散不易沈降之膠羽？

B、30 分鐘時

①污泥膠羽是否聚密成看起來如捲曲的海棉？或

②污泥膠羽是否看起來毛鬆鬆狀均勻之散佈？

C、60 分鐘時

①是否沈降之污泥再浮出液面？

②是否在 2～4 小時內污泥形成分裂（Split）或浮出液面？

累積對 30 分鐘沈降試驗之經驗，操作人員可很快判斷活性污泥在最終沈澱池之沈降效果。一良好易沈降之活性污泥進行 30 分鐘試驗有以上A－1、A－2、B－1 和C－2 之觀察結果。一般在最初之 5－10 分鐘內，污泥面將沈降至約 500ml 刻劃處。表 4－1 爲 30 分鐘沈降試驗記錄表。

污泥沈降與壓密性之指標，乃以SVI（Sludge Volume Index）或其倒數SDI（Sludge Density Index）表示，SVI意謂活性污泥經 30 分鐘靜置沈澱後，1g 之污泥所佔之體積，計算如下：

$$SVI = \frac{30\text{分鐘沈降後污泥體積 ml}/1 \times 10^3}{\text{活性污泥濃度 mg}/1} \qquad (4-1)$$

式 4－1 污泥體積乃以30分鐘沈降試驗於30分鐘時讀測污泥液面之體積，活性污泥體濃度以測試活性污泥之未過濾之固體物（SS）表示。操作狀況穩定良好之活性污泥，其SVI 值常在一定範圍內（一般約 100 左右），由SVI 值之變異可指出活性污泥狀況之變異。

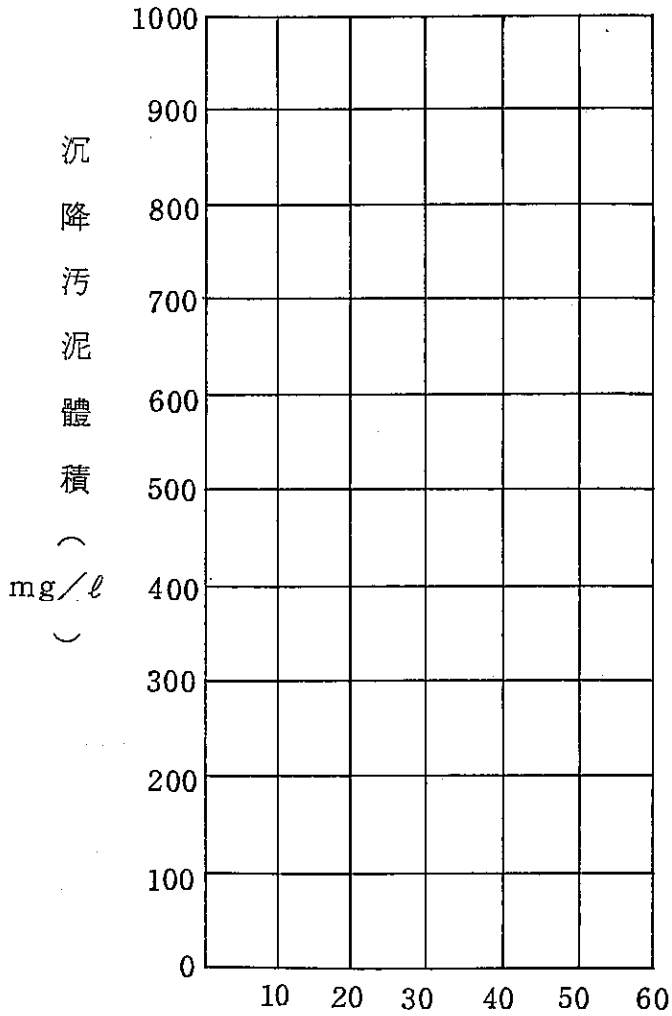
表4-1　活性污泥30分鐘沉降試驗表

日　期：＿＿＿＿＿＿　　時　間：＿＿＿＿＿＿ AM PM

填表者：＿＿＿＿＿＿　　水　溫：＿＿＿＿＿＿℃

取樣點：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

時　　間，min	5	10	15	20	25	30	40	50	60
污泥面度高，ml									



污泥沉降現象之觀察：

A、前5—10分鐘

①污泥膠羽有否結聚現象發生？

②污泥有否穩定聚密且上層液清澈？

③污泥膠羽有否成雲鬆狀？

④上澄液是否有鬆散不易沉降之膠羽？

B、30分鐘時

①污泥膠羽是否看起來聚密捲曲如海綿？

②污泥膠羽是否看起來毛鬆鬆狀？

C、60分鐘時

①沉降之污泥是否再浮出液面？

②是否在2—4小時內污泥形成分裂或浮出液面？

（例）某活性污泥經30分鐘量筒沈降試驗，污泥液面讀測爲 550ml，活性污泥之MLSS（SS）爲 5330 mg／ℓ，求其SVI=?

解：

$$SVI=\frac{550\ ml/\ell}{5330\ mg/\ell}\times 1000mg/g=103ml/g$$

2.沈降計試驗（SV）

操作人員可用二公升的馬爾利沈降計（Mallory settemeter）來代替用一公升量筒的SVI 試驗，因前者較能表示最終沈澱池的實況。沈降計試驗功用如下：

(1)表示表面張力被破壞的速度。

(2)操作人員可繪製沈降速率得沈降曲線。

(3)可利用比對顏色，以估計上澄液之濁度。

(4)污泥顏色與上層 0.3 公分水深污泥膠羽性質均與污泥沈降特性有關。

(5)可藉沉降計量測污泥沉降與時間之關係，穩定的污泥在 2 － 3 小時之內可維持在沈澱狀態而不會發生厭氧作用造成污泥上浮。

圖 4 － 1 爲污泥沈降計試驗所繪得曲線，每五分鐘讀一沈降數點繪於圖上。其值可以 SV_5 或 SV_{30} 表示。

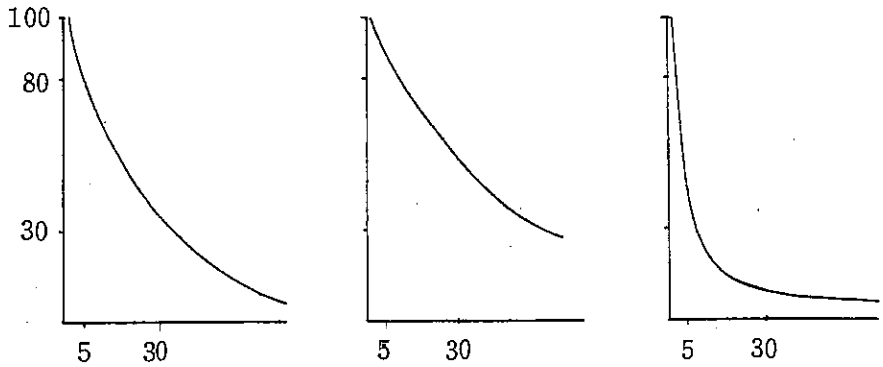


圖 4-1　污泥沉降曲線

4 － 4　BOD_5 試驗推估處理負荷

正確預估任何一日處理廠負荷之先決條件，爲要有可靠的負荷資料記錄

，這包括含假日在內之每日 BOD 值，而且其數據要多到足以建立每日之時變化。下列二個方法可用以處理這些資料。

1.移動平均法（Moving Average Method ）

移動平均，尤其是七天和二十八天間隔者，極適合於用來評估因調整操作控制所引起之程序反應。改變操作步驟所引起的影響通常要一週後才能確定。污泥要適應變化而達到完全穩定通常需時一個月。七日的移動平均（ 7 DMA ）由於能反應出星期六和星期日之低負荷和星期一、星期二之高負荷所引起之影響，故能顯示程序反應之中間值。二十八日的移動平均則可估算長期的穩定操作。任何一天之七天移動平均值是當天和前六天總和的平均值。例如表從¼ / 73 的七天移動平均值是 1.932 ， 爲由¼ / 73 和前六天（由 12 / 29 / 72 開始）加起來平均而得。

12 / 29 / 72	2.281
12 / 30 / 72	2.777
12 / 31 / 72	1.374
1 / 1 / 73	2.459
1 / 2 / 73	0.960
1 / 3 / 73	1.598
1 / 4 / 73	2.076
	13.525 / 7
	1.93= 7 DMA

同樣的，隔日的 7 DMA ，即 1 / 5 / 73 爲與前六天紀錄相加除以 7 （從 12 / 30 / 72 開始）而得

12 / 30 / 72	2.777
12 / 31 / 72	1.374
1 / 1 / 73	2.459
1 / 2 / 73	0.960
1 / 3 / 73	1.598
1 / 4 / 73	2.076
1 / 5 / 73	1.517
	12.821 / 7
	1.832 = 7 DMA

1／5／73之7DMA亦可由1／4／73的7天總和減去12／29／72的2.281，加上1／5／73的1.577，然後除以7而得

$$
\begin{array}{r}
13.325 \\
-\ 2.281 \quad (12/29/72) \\
\hline
11.244 \quad (1/5/73) \\
+\ 1.577 \\
\hline
12.821 / 7 \\
1.832 \qquad = 7\,DMA
\end{array}
$$

同樣的方法可以得出二十八天的移動平均。

2.平均日法（Average Day Method）

本方法爲使用過去六個月操作之數據建立一平均日值。例如，要計算週一負荷平均值，係將該六個月中所有的星期一數據相加而後除以該資料數目求得，按照同法可求出一週中每日之平均值。處理廠之排棄污泥可以使用這種平均值決定之。使用本法時，應將平均值不斷與實際BOD值相比較以確定其可信度。

4－5　污泥之排除

一個操作人員在決定排除多餘污泥時，最重要的原則是使曝氣槽中保有足夠的微生物量，以便充分代謝分解有機物，亦即槽內應有足夠的固體物濃度；因不論排除過多或排放的時間不當均會導致嚴重的影響。藉著污泥排除可控制處理系統固體物濃度。減少排除量可降低F／M比並延長污泥停留時間而增加系統內的固體物量。要維持一定的固體物濃度，則可以排除每天微生物淨生長量，如要增加系統中的生物量，可減少排除量，此種方法可使F／M降低並延長污泥停留時間。對市鎮污水處理廠而言，家庭污水白天量大且濃度高，而夜晚流量少且濃度低，因此夜晚操作係在內呼吸期，早上即不易適應突增的水量與有機負荷，若不防止微生物的這種不平衡衝擊，將會造成微生物流失而使放流水變濁。

因此解決問題的最佳方法就是未雨綢繆。例如可藉調整固體物濃度以配合異變狀況，爲處理廠操作權宜對策之一，對於小型社區污水處理廠，排除

污泥最佳時刻是中午，這樣可以讓微生物成熟而能適應晨間負荷。

4－6　以耗氧率做爲程序指標

微生物從水中獲得氧，以供新細胞生長所需要的氧量，所供應的氧用ＤＯ表示之。由定量的微生物利用定量氧的“速率”可藉以瞭解微生物的活性。例如成熟污泥活力強，若有大量的食物，則氧的利用率亦相對的提高；污泥齡大者（十二天以上）由於進入內呼吸期，氧的利用率就大爲降低。由於溫度影響微生物的活性，故耗氧速率亦受溫度影響；在夏天耗氧速率較多天爲高。

氧的利用率稱爲“攝氧率”，定義爲每一單位時間所消耗的氧量，以mg／1／hr 表示。

其次是找出系統中固體物濃度變化和攝氧率之關係，攝氧試驗僅是測量攝取氧量與當時的微生物量有關，這種攝取率與濃度的關係稱爲呼吸率，以ＲＲ表示之。程序指標ＲＲ可顯示即將進入沈澱池之混合懸浮液之生物活性，與其他程序指標如沈降速率，進流水和放流水ＢＯＤ與ＤＯ相比較，ＲＲ顯得更爲重要。

(1)呼吸率比正常值高時，表示ＢＯＤ負荷增加，或是過量排除污泥而致引起下列現象：

①ＢＳＲＴ漸減短，表示沒有足夠時間代謝利用有機物。

②Ｆ／Ｍ比較增高，表示系統中沒有足夠的微生物代謝進流之有機物。

高呼吸率表示污泥未成熟，即污泥在最終沈澱池仍行代謝有機物作用而導致最終沈澱池的缺氧現象。在這種現象最終沈澱池放流水之ＤＯ將趨於零，這種污泥不易沈澱且不易壓密且迴流至曝氣槽之污泥因過飽而無法利用分解有機物，致使整個處理系統Ｆ／Ｍ比失去平衡，造成瞬間需氧量的增加。最終沈澱池污泥將因膨化作用，造成多量的固體物流失，亦即放流水中懸浮固體物濃度增加。控制的方法是減少污泥排除率並增加污泥迴流率，同時空氣供給量亦應增加，如仍無法有效加以控制，可考慮重新調整處理系統負荷（即Ｆ／Ｍ比）或在污泥迴流至曝氣槽前有足夠時間進行代謝作用（消化進入細胞體有機物），以保持其分解有機物之活性。有兩種處理操作程序可以

達成，即污泥再曝氣與接觸穩定法，兩者均爲提供污泥在迴流至曝氣槽前有足夠的停留時間。

⑵操作引起呼吸率比正常值低之現象

①由於操作時間太長，BSRT 將變長，而進入內呼吸期。

②F／M降得太低，亦即處理系統中微生物量不足以利用分解有機物。

上述乃污泥由於過度氧化導致污泥老化和代謝不良，污泥沈降太快致遺留大量顆粒物質於沈澱水中，致最終沈澱池放流水懸浮固體物增加，但BOD值則不一定會增加。假若這種現象持續超過四十八小時，則整個處理系統將益形惡化，放流水質更爲混濁，這由於過度氧化污泥將逐漸累積，且因比水輕，故會隨放流水流出。可藉沈降計以確認此種狀況。操作人員可藉增加污泥排除率和降低污泥迴流率改善之。

如果此種呼吸率比正常值低之原因，乃因進流水中有毒性物質存在，則其控制方法爲儘可能不自處理系統中排除污泥，且將進流點分散以減低有毒物質濃度（如能改爲完全混合式操作則更好）。

例：曝氣槽流出水（混合懸浮液）

⑴量測混合液懸浮固體物含量，以容積表示（MLSS，gm／1）gm/l

$$=\frac{mg/1}{1000}$$

⑵量測攝氧率（Oxygen Uptake Rate，OUR）

①搖動半滿容器（45秒），使水樣呈飽和溶氧狀態。

②採水樣注入BOD 瓶並插入溶氧測定電極。

③連續十分鐘記錄溶氧（O_2 mg／1）遞減狀況。

④計算攝氧率（OUR）

$$OUR\ (mgO_2/1/hr)=\frac{(DO)_0\,min-(DO)_{10}\,min}{10}\times 60\,min/hr$$

⑶計算氧呼吸率（RR）

$$RR\ (mgO_2/hr/gm)=\frac{OUR\ (mgO_2/1/hr}{MLSS\ (gm/1)}$$

4－7　圖表的利用

最重要的是操作人員應該從各種不同的控制試驗收集原始資料，然後繪製在表格上，利用表格既簡易又方便且可快速得到所希望的資料，亦可做爲日後操作的參考。這種圖表的型式如圖4－2 所示。

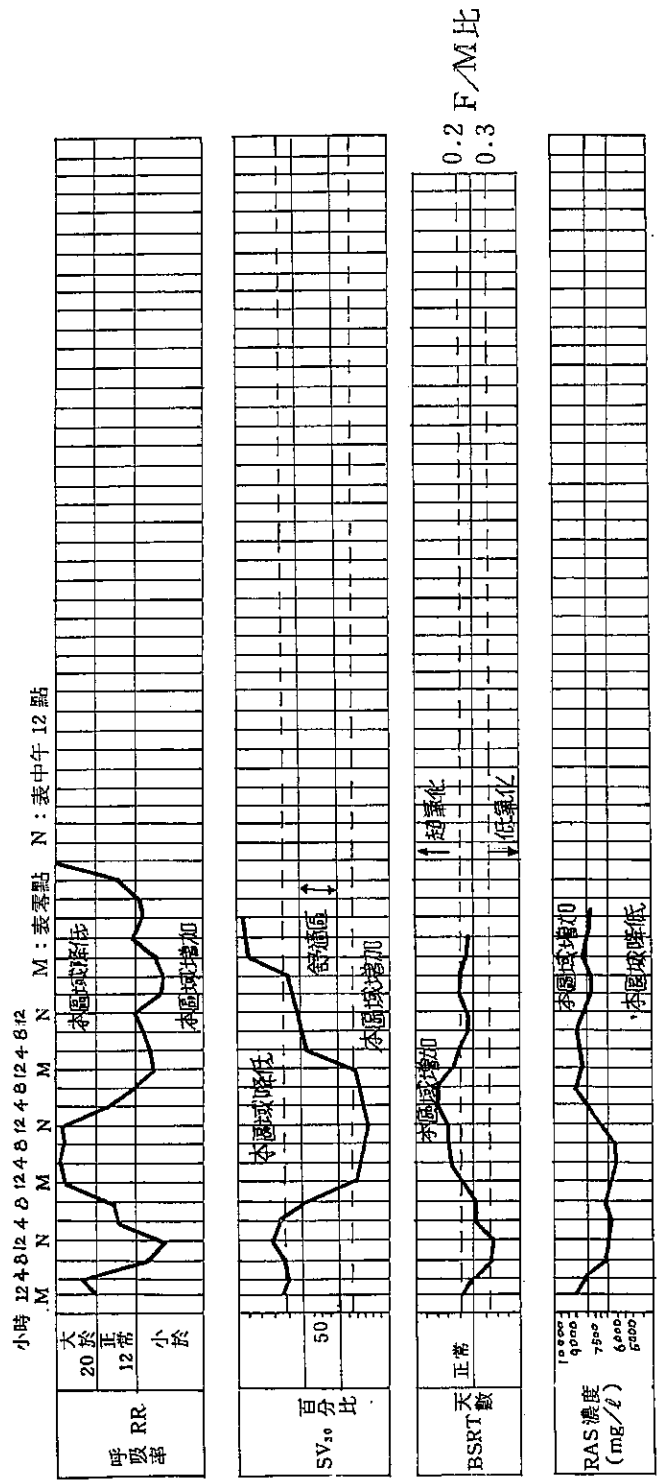


圖 4－2　操作記錄圖表例

4－8　顯微鏡觀察

1.顯微鏡觀察微生物（Microscopic Examination）

曝氣池內之活性污泥利用顯微鏡觀察生物相，由優勢之生物種類指標，供操作人員了解曝氣池內活性污泥生長狀況，進而作爲判斷操作條件良窳或改變操作條件之一明顯佐證依據。

存在於活性污泥內之生物主要爲異營性（Heterotropic）和自營性（Autotropic）細菌（Bacteria），以分解廢水中之有機物進而淨化廢水。同樣存在於活性污泥內之原生動物（Protozoa） 乃作爲廢水被分解處理良窳之生物指標，輪蟲（Rotifer） 同樣廣泛被引用爲出流水良好之指標。故操作人員進行微生物顯微鏡觀察主要觀察原生動物之優勢種類與輪蟲出現否，以判斷操作情況。

若顯微鏡觀察大都呈絲狀菌（Filamentous） 或原生動物－纖毛蟲（Ciliate） 數量減少，則表示廢水處理效果不良，污泥呈膨鬆不易沈降。相反的，纖毛蟲與輪蟲數量甚多，則表示污泥沈降效果佳，出流水水質良好，亦即活性污泥系統控制在正確的迴流污泥量、廢棄污泥量和曝氣量。

作爲操作人員判斷活性污泥生長良窳之原生動物生物相，主要有三類：

①變形蟲類（Amoeboids）。

②鞭毛蟲類（Flagellates）。

③纖毛蟲類（Ciliates）。

操作人員利用顯微鏡觀察生物相，同時須每星期三次建立優勢原生動物之表格，若系統呈穩定，則可每星期進行一次，作爲處理系統功能改變之預報。優勢原生動物數量比較表如表4－2。每次測試，觀察並計數三個樣品內各種原生動物之數目。最後再將三個樣品之數目累加填至最後一欄，由數目最大前三種原生動物即表示優勢原生動物，而依其所佔比例記錄於左下欄。

由表4－2所建立之資料，操作人員可由優勢原生動物生物相之改變而了解活性污泥之生長狀態，同時並配合其他操作數據（如30分鐘沈降試驗、F／M值、曝氣池ＤＯ值、ＭＬＳＳ 值、污泥迴流比、放流水水質等）之印證所累積之經驗，將可直接利用生物相之顯微鏡觀察而快速合理判斷活性污

表4-2　顯微鏡計數活性污泥優勢原生動物數量表

日　期：————————　　時　間：————— AM / PM

填表者：————————　　水　溫：————— ℃

取樣點：————————————

生物類別	SLIDE No. 1	SLIDE No. 2	SLIDE No. 3	TOTAL
變形蟲類				
鞭形蟲類				
自由游動纖毛蟲類				
有柄纖毛蟲類				
輪蟲類				
線蟲類				

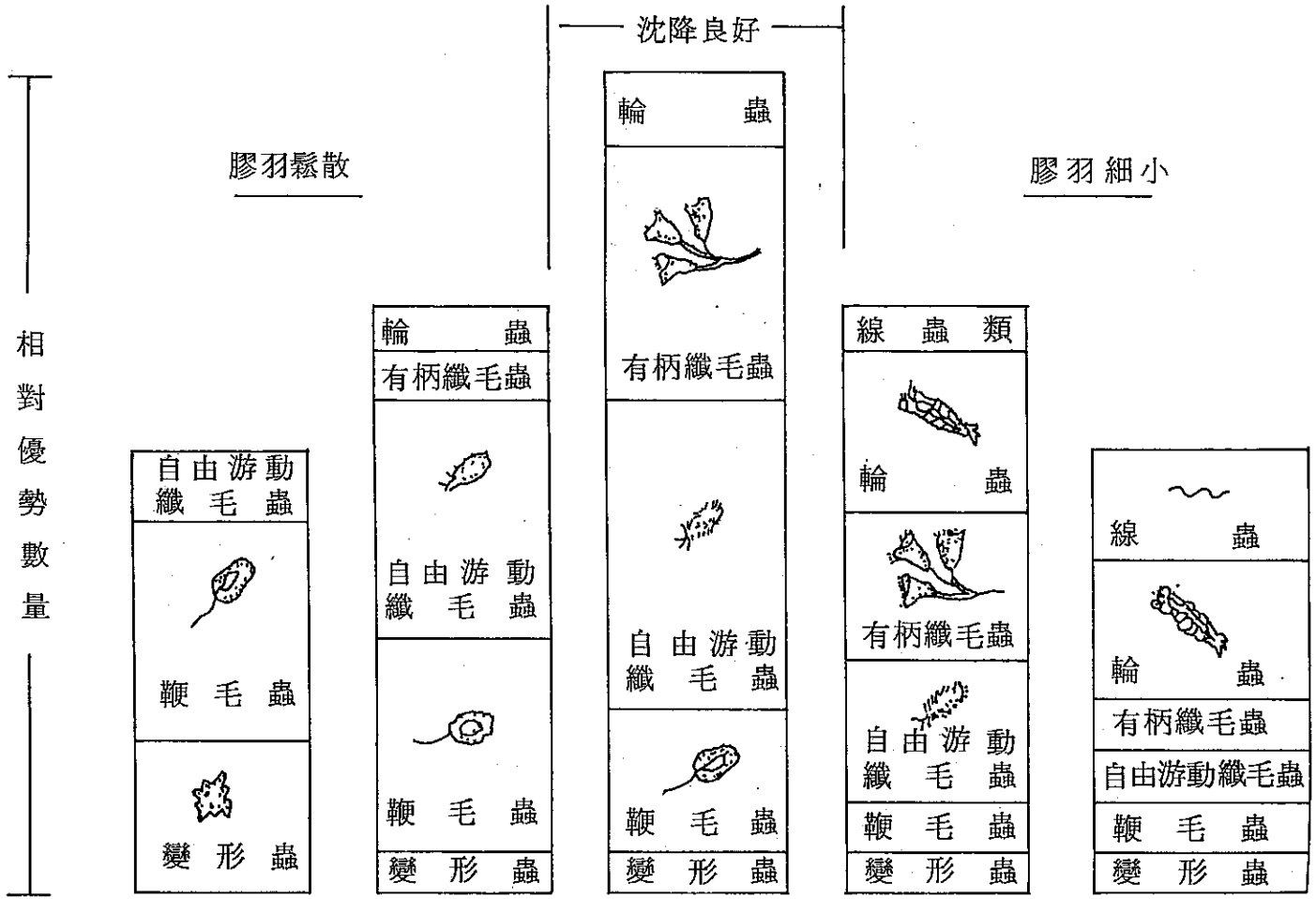
相對優勢數量

1. ————————————

2. ————————————

3. ————————————

表4-3　原生動物相對數量與活性污泥之特性



泥系統處理功能。一般不同優勢之原生動物所代表之活性污泥生長狀態示於表4－3。

使用顯微鏡觀察生物相之步驟如下：

①準備顯微鏡、蓋玻片、載玻片。

②清洗乾淨蓋玻片和載玻片。

③使用玻璃吸管利用指頭或吸球小心的吸上活性污泥水樣沈降部份。

④滴一點水樣（含污泥膠羽）至載玻片中間。

⑤沿蓋玻片之端點取蓋玻片，避免沾污蓋玻片表面。

⑥將蓋玻片一端先接觸到載玻片上之水樣，然後將蓋玻片放在水樣上面。

⑦取載玻片置放在顯微鏡合適之位置上。

⑧利用眼睛側視下，將顯微鏡物鏡低降至離蓋玻片約1／8 in處。

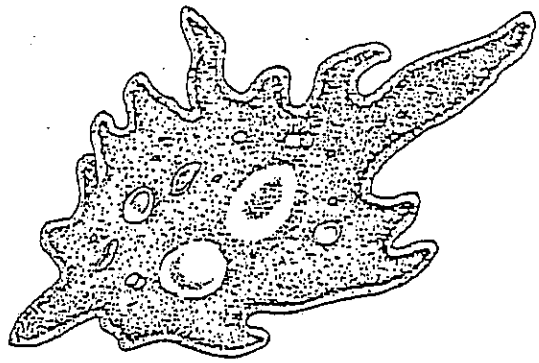
⑨利用粗調，以調整焦距。

⑩利用微調，再細調正確之焦距。

⑪確認活性污泥內之生物相。

⑫若進行原生動物優勢類數量計數測試，則須仔細掃描（如由上→下，由左→右）以計數原生動物數量。

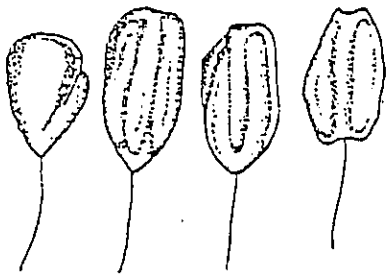
a.變形蟲



說明：活性污泥原生動物當以變形蟲類數量佔大多數時，一般常表示活性污泥系統剛開始操作階段或是活性污泥系統正自惡化階段轉趨正常時。

其大小約30～60 μm。

b.鞭毛蟲



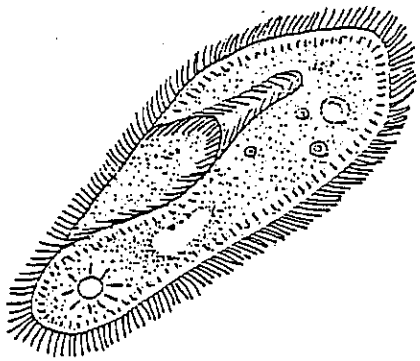
說明：・有根尾巴爲鞭毛蟲之特色。

・當原生動物生物相中以鞭毛蟲數量佔優勢，則可能代表活性汚泥膠羽輕且鬆散、細菌數量少以及有機負荷高之現象，須增加汚泥停留時間（ BSRT ）以改善處理系統。

・一旦活性汚泥膠羽有結聚現象，則表示細菌數量增加，同時鞭毛蟲數量優勢現象也將漸漸減小，直至不明顯。

・其大小約 10 ～ 36 μm。

c.自由游動纖毛蟲（ Free Swimming Ciliate ）



說明：・一般纖毛蟲皆較鞭毛蟲爲大，作爲活性汚泥生物相指標之纖毛蟲可分爲自由游動纖毛蟲和有柄纖毛蟲。

・原生動物中以游動性纖毛蟲爲優勢，則表示活性汚泥曝氣池系統將趨近於最佳狀態。

・其大小約 50 ～ 330 μm 。

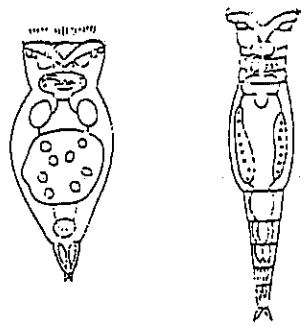
d.有柄纖毛蟲（ Stalked Ciliate ）

說明：・有柄纖毛蟲一般可延伸甚多柄連接在一起，一旦出現，甚易以顯微鏡觀察之。

・有柄纖毛蟲與輪蟲之出現代表活性汚泥系統已達穩定、有效處理之程度。

・每一枝柄大小約 40 ～ 200 μm。

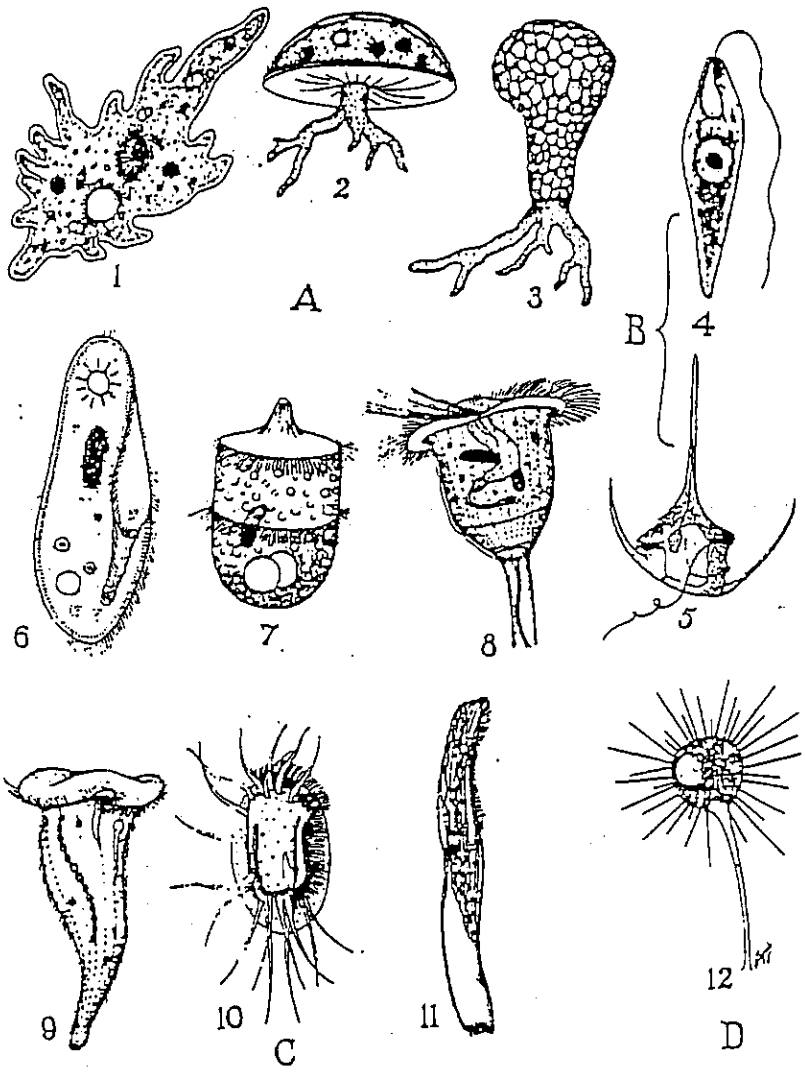
e.輪蟲（ Rotifer ）



說明：・輪蟲在活性汚泥系統中之數量呈優勢，代表系統已趨於穩定，汚泥沈降性佳，出水水質良好。

・其大小約 400 ～ 600 μm。

f.活性汚泥系統中常見自由移動之原生動物



A. Sarccxlina

B. Mastigophora

C. Infusori

D. Suctoria

1. Amcha protcus
2. Arcella vulgaris
3. Difflugia oblonga
4. Euglena viridis
5. Ceratiun sp
6. Paramcciun caudatum
7. Didinium
8. Vorticella campanula
9. Stentor polymorphus
10. Euplotes patella
11. Spirostomum ambiguum
12. Ephelota coronata

2.顯微鏡觀察之判斷

顯微鏡每日觀察膠羽大小、厚瘦、小塊狀或遭破壞、出現之微生物的種類等，皆可藉以判斷活性污泥之狀態，正常之活性污泥膠羽肥厚，以原生動物爲多，已如前述，活性污泥異常時出現之生物如下：

(1)活性污泥解體時出現之生物

活性污泥解體，處理水呈乳白色混濁時，出現的生物以Vahlkampfia limax，Amoeba radiosa 等佔優勢。這兩種生物於活性污泥正常狀況時亦少有存在，但可在一星期內暴發性的增加導致發生解體，此時活性污泥混合液中生物之個數高達 10,000 ～50,000 / mℓ 。

(2)膨化時出現的生物

隨着活性污泥ＳＶＩ 增加的同時，污泥中出現多量的絲狀菌，Sphaerotilus natans 等各種絲狀菌爲膨化的指標生物。這種生物自開始增殖至達到完全膨化狀態，約需 5 － 10 日左右。

(3)溶氧不足時出現的生物

曝氣槽內ＤＯ若長時間持續在0.5 mg / ℓ 以下，則出現Beggiatoa alba 。

(4)有幾物濃度低時出現的產物

合流式下水道於長期持續下雨，致流入水ＢＯＤ 濃度低時，出現的生物爲Euplotes，Oxytricha，Stylonychia 等下毛類及Colurella，Lepadella 等輪蟲類增加。

(5)有害或有毒物流入時

依流入濃度，各種原生動物有減少或消失等傾向，而對此等物質感受性最高的爲Aspidisca 。

第五章　活性污泥法之操作控制

5 — 1 活性污泥之馴養

5－1－1 操作開始時需注意項目

新設處理廠於開始操作時，需注意下列幾點：

(1)充分瞭解處理廠設計資料、施工圖、操作說明書。對於處理原理，設施之構造、容量、水流狀況及機械設備的操作亦應加以熟悉。

(2)首先以清水依設計條件填滿各設施進行試車運轉、調整各機具類，直至合乎設計條件爲止。

(3)對於構造物、機具、閥閘及各種開關之操作皆已熟悉，並檢驗無缺點後始得引入污水進行操作。

5－1－2 污泥之馴養

開始運轉時幾乎無污泥，而在污泥未形成之前無法期望獲得處理效率，因之必需早日馴養合乎處理水水質的活性污泥。

活性污泥之形成，與化學反應不同，在化學反應中，反應條件改變立刻發生不同的反應。但活性污泥之環境條件一有改變，爲適應新條件活性污泥中的微生物之種類及量則徐徐發生變化，而漸次形成新條件之安定化污泥，惟其所需時間甚長。活性污泥的馴養有下列三原則：

(1)活性污泥形成，其馴養先在ＢＯＤ負荷 0.2 kg／m^3 以下之條件進行，俟ＭＬＳＳ達到 500～1,000 mg／ℓ 再依設計漸次提高。

(2)廻流污泥量在活性污泥形成前，廻流量應大於設計量，俟污泥形成後再以設計量操作。

(3)測定SV_{30}及ＭＬＳＳ，設定適當負荷量及操作方法，依污泥沈降狀態，維持ＤＯ在1mg／ℓ 以上操作之。

污泥的形成有兩種方法。第一種方法是每日分批引入定量的廢水，連續流入並予曝氣，使污泥自形成的方法。第二種方法爲以取自相近似水質的處理廠之污泥或添加植種物質，使形成合乎處理水水質的污泥。

大規模的處理廠可採用前述第一種方法馴養污泥，小規模則以後者爲快。

1.流入廢水直接馴養

在流入水量可少，而污泥馴養期間多餘的廢水可繞流放流之下，可採用本法。

於引入廢水裝滿最初沈澱池、曝氣槽、最終沈澱池後，最初沈澱池的水不再引入曝氣槽而予繞流放流。

將曝氣槽加以充分曝氣，並全開最終沈澱池之廻流污泥泵，使曝氣槽與最終沈澱池的液體循環。次日自最初沈澱池引沈澱水入曝氣槽數小時再停止，與第一日同樣操作。而在前10天，引入水量爲設計水量的30%，其次10天爲70%，再次10天則引入設計量操作之。而操作至SV_{30}爲10～15%始爲正常。

倘若曝氣槽之前未設繞流設施，則必須全量引入曝氣槽，同時全開最終沈澱池廻流污泥泵，在此情況之下，當流入量多時，有少量膠質羽會流出爲其缺點，達到目標之污泥濃度，所需時間較長。

若廢水之濃度較低者，可依下改善之：

(1)流入水不經最初沈澱池，而直接引入曝氣槽。

(2)若無最初沈澱池之繞流設施，則可僅用一池（或少數）最初沈澱池，以減少可沈澱物在最初沈澱池沈澱，而盡量使其流入曝氣槽。

2.添加植種物質馴養

活性污泥植種馴養時，一般以同性質之廢水處理廠之污泥進行植種最爲良好，但若附近無該類處理廠，也可取用較相似者。

特殊工業廢水馴養時，植種物質之選擇不容易，除自污水處理廠取少量污泥外，添加少量堆肥或土壤浸出液（土壤溶於水靜置後之上澄液）甚具效果。

於活性污泥形成達適當量後，依設計條件之範圍，調整混合攪拌速度、空氣量、負荷量，尋求最經濟和最適當之操作條件。

5－2 曝氣槽之操作

曝氣槽用於使下水中不易沈澱之SS 及溶解性物質，藉著微生物作用轉

變成容易沉澱之污泥，爲下水處理之中樞部份。各種活性污泥法之操作標準示如2－2。

曝氣槽操作之基本要項有，①微生物、氧氣及適量可作爲營養劑之有機物，②攪拌作用。

5－2－1 散氣式曝氣槽之操作

散氣式曝氣槽通常均能達到充分攪拌之效果。爲了達到上述第①項之要求，必需注意下列幾點：

(1)曝氣時間

曝氣時間是在曝氣槽內，下水與活性污泥之混合液所接受曝氣的時間，其大小由流入水量及槽之容量來決定，散氣式曝氣槽之標準曝氣時間如表2－2。

一般之散氣式曝氣槽之曝氣時間即使縮短一些亦不致有太大之影響。而在流入濃度很低的情況，有時縮短曝氣時間可得到良好的效果，因此每個處理廠必需依其流入水質及操作的經驗決定出最適的曝氣時間

(2)確保送風量

通常標準之送風量爲流入水量之3～7倍，但有時也因槽內混合液之水溫、水質、MLSS等因素而有增減。

送風量之控制，通常是採用增減送風機之操作台數的方法。此法大致上不會使處理水質產生太大的問題，惟最好在槽出口處之ＤＯ能經常維持在2～3 mg/ℓ程度。

送風機操作之際，須常注意壓力計、溫度計、電流計、風量計等之指示值，且風量調節時須緩慢以避免槽內產生太大的波浪。

曝氣槽內產生出氣泡之正常狀態爲整槽散佈均勻，但有時會有局部性大空氣泡出現或小部份出氣量較小等現象。前者大概是由於散氣設備破損，後者則由於堵塞的原故。散氣設備之破損可能是有異物自槽頂落入，堵塞則可能是由於空氣中之塵埃，因此須經常檢點空氣過濾器，隨時排除故障，必要時將水自槽完全排出，實施檢點修復工作。

(3)ＳＶ及廻流污泥設備之操作

維持適當的活性污泥濃度是曝氣槽操作之基本事項。因爲ＳＳ測定的時

間較長，不太適合當作操作維護之指標，如採用ＳＶ則較爲簡單方便。

曝氣槽出口附近之ＳＶ通常以15～30％爲適當，在流量較多的白天呈現較低，流量較少的夜間則有增加的趨向。

利用廻流污泥量之控制可以調節ＳＶ值，每日如測定一次以上，較易確保適當的ＳＶ值。但欲維持穩定的ＳＶ事實上並非易事，還好在實際的操作上，ＳＶ即使有些微量的變化，尙不致對於水處理有太大的影響，因此對於廻流污泥量的調節，可依作業經驗加上各廠之特性、水質、水溫等因素作決定。

廻流污泥量對於流入水量的比值（廻流比）通常採用如表２－２。在濃度低的情況，廻流比要略爲增大。又如污泥泵突然故障或意外停電時，應儘速修護，以維持正常的ＳＶ值。

５－２－２縱軸旋轉式曝氣槽之操作

縱軸旋轉式曝氣槽是利用攪拌以供給氧氣。在操作維護上，除攪拌機之外（曝氣時間、ＳＶ等），其他與散氣式同樣考慮卽可。

攪拌機一般採用定速連續型，但爲應付流量及水質之增減，最好採用可變換旋轉數之機種。旋轉速度可因ＤＯ之實測值、最終沉澱狀態、及實際操作經驗而定。

５－３操作控制方法

1.控制固體物流失的應變方式

(1)進流水及廻流污泥加氯處理

加氯量介於10～20mg/ℓ，可加在廻流污泥，其計算公式如下：

$CL=SVI\times R_Q\times RSSS$

式中

CL＝ 每天所需氯公斤數

ＳＶＩ＝污泥容積指數

R_Q ＝廻流污泥，m^3/d

ＲＳＳＳ＝廻流污泥懸浮固體物，mg/ℓ

(2)調整空氣供給量

(3)使系統變成短暫的缺氧

(4)於最終沉澱池放流水或曝氣槽混合液或廻流污泥添加化學劑（硫酸鋁或氯化鐵等），以改善污泥沉降性。加入藥品及加入量：

①硫酸鋁——17％Al（OH）$_3$溶液可以有效控制污泥膨化，每24小時中加入8～12mg／ℓ之量即可。硫酸鋁具腐蝕性故加藥時應使用玻璃纖維桶。同時需注意pH值降低還可藉添加石灰使pH值保持6.2～6.6，蓋該範圍具最好的效果。

②過氧化氫——依進流水量，在廻流污泥中於24小時期間加入200mg／ℓ可有效控制污泥膨化，本法相當有效但成本較高。

(5)增加排棄污泥量——雖然無法控制污泥膨化，但可減少固體物的流失。

2.長期控制方法

假若設備允許，可使用下列任一法或併用多法，做爲經常性操作控制的依據：

(1)檢查廢水性質找出污泥膨化的原因，然後使用正確的控制方法。例如：假設進流水呈腐敗且含有H_2S，又經顯微鏡檢查微生物屬於絲狀菌屬，則應採長期的控制方法以再曝氣去除硫化物。

(2)用顯微鏡檢查，以便正確的判斷絲狀微生物的型態和存在狀況。

(3)控制進流水量並使負荷均勻。用調和池或空槽使水力和有機負荷達到均勻。

(4)使用變速的廻流污泥泵和沉澱池，以做爲在高SVI之一操作方法，若沉澱池容量足夠，則可得甚佳之放流水質。此法之缺點是無法降低SVI值。

(5)處理程序改爲污泥再曝氣式，爲達此一操作方式，可將消化槽上澄液加入再曝氣槽以協助控制F／M，同時由於處理系統中無機物質的蓄積，而增加污泥重量，有利於沉澱。

3.送風量的調整

(1)散氣方式之送風量調整

依處理條件及曝氣槽中之溶氧狀況，常有調節空氣量的必要。

然而欲減少空氣量時，鼓風機最多也僅能降低 20 ～ 30%。鼓風機風量的控制，通常爲減少吸入口側閥之開口度。輪機形（Turbo型）鼓風機亦可於吐出側之閥控制之，但如控制量過大就有震動發生。魯氏型鼓風機於吐口側如控制過大，有造成破損的現象，可於送風系統中使空氣放散，而於管之末端置於曝氣槽水面下以防噪音。

(2)表面曝氣方式之調整

目前所使用之型式以螺旋槳及輥輪爲多。一般設計時都以 50%餘裕量設計。

空氣量的調整，爲升降槽內之水位，調整攪拌翼與水之接觸深度。若攪拌要很少時則降低旋轉數，有用減速機或變更電動機之極數調整之方法。

4.休假日的對策

活性污泥法之操作，以穩定流量和水質，故維持負荷平衡爲不可缺的要素，但實際上工廠廢水常有因週日、假日而減少排水甚至停止排水的現象。

(1)休假日所造成的影響

①負荷量降低，過份曝氣致污泥解體。

②含氮量高之廢水呈硝化作用，曝氣槽發泡、沉澱池污泥上浮。

③曝氣槽混合液 pH值降低。

④沉澱池上澄液透視度差，COD 高。

(2)對策

①設有調整槽者，若爲短期休假，則於假日前裝滿廢水，於休假中一定間隔時間，抽水入曝氣槽，但要注意調整槽內因腐敗而 pH 降低。

②未設調整槽者，則於假日前漸次降低MLSS，以維持高BOD-MLSS負荷。

③減少曝氣量，以免過份曝氣，但應防曝氣量過少致堆積污泥發生腐敗。

④廢水不經初沉池，直接流入曝氣槽，以提高曝氣槽BOD濃度。

5－4　活性污泥之異常

5－4－1　污泥鑑別

在討論固體物流失問題之前，操作人員必須先瞭解鑑別各種污泥。根據Wesley O. Pipes之建議，污泥可分爲如表5－1十種類型。

表5-1　污泥鑑定表

污泥類型	鑑別依據
(1)正常污泥（膠羽形成者）	金黃棕色，有霉臭味，上澄液略呈混濁帶淡棕色和金黃色。具有良好的沉降性；SVI＝90～120，沉降計（SV_{30}）在30％～40％。
(2)細小膠羽污泥（多量固體物流出）	上澄液常有細小懸浮污泥顆粒，有兩種情況： (1)灰黑色，惰性，低BOD，污泥老化。 (2)無正常污泥相似，淡棕色但有部份不能沉降或上升，高BOD，污泥未成熟。
(3)翻騰污泥（固體物冲失）	正常污泥但不沉降，由於水力超負荷或部份沉澱池間流量分配不平均。（如二個以上沉澱池）
(4)厭氧腐敗污泥	腐敗污泥——呈暗棕色至黑色。由於可沉降污泥停留時間過長致分解產生CO_2氣體附於污泥表面
(5)過量曝氣污泥	正常污泥中含有氣泡，由於含油脂會影響氣泡釋出所致。
(6)分散性成長的污泥	顏色——白色、棕色、灰色或黑色。不沉降——顆粒經過30分鐘靜置仍然懸浮於水中。此爲在混合液中微生物生態系尚未形成，一般在廢水中溶解有機物濃度相當高時會產生此種現象。

（續）

(7)失去膠凝作用污泥	污泥遭受某種異變所致。上澄液極端混濁且不易沉降。爲暫時性現象，當異變過後污泥卽會形成
(8)上升污泥（脫氮）	在 30 分鐘以內沉降良好，但由於脫氮所產生的氣體留在裏面，污泥變得比水輕而上浮，大量淡棕色污泥浮在水面。硝化作用常在溫暖的季節中發生，一般是五月到九月，發生硝化時放流水中硝酸鹽濃度高，於實驗室檢驗氮化合物將可幫助操作人員確定上述問題。例如在冬天低溫時，平均硝酸鹽濃度是 0.8～2.5 ppm，夏天增加到 10～15 ppm。硝化時 pH 降低，需氯量增加。
(9)上浮污泥	短暫性，數量少時屬正常現象。此類污泥呈纖維狀，有可能是由死的酒杯狀纖毛蟲所組成，亦可能是死的輪蟲或被眞菌殺死的線蟲。甚至有可能是土壤絲菌屬（Nocardia）。
(10)膨化污泥	有兩種現象： (1)具有高 SVI 和低沉降率之膠羽污泥，污泥膠羽有很大的表面積和含有結合水。此種現象通常是氧化不足的污泥，卽未成熟的污泥。
	(2)絲狀污泥——淡棕色、灰色或白色，有甜味或水菓味。沉降緩慢，SVI達 180 或更大。上澄液頗爲乾淨但非常少。污泥顆粒有絲狀。

上表所列十種污泥中，沉降性是最主要的參數；正常污泥是唯一具有良好沉降性之污泥。

5－4－2　污泥膨化

1.污泥膨化原因

在〝正常〞污泥之後的四種污泥（細小膠羽、翻騰、厭氧和過量曝氣）主要爲曝氣槽操作不當，引起污泥流失是其特性，其不當操作如下：

(1)曝氣不足或過量。

(2)停留時間不適當。

(3)懸浮固體物濃度過高。

(4)溶氧不足。

(5)攪拌不均。

(6)生物活性受抑制。

與沉澱池操作有關的問題是：

(7)污泥沉積深度過深。

(8)污泥發生腐敗。

小心查閱處理廠和實驗室連續一週或兩週記錄或許可以得知問題所在。若不是操作上的問題則應檢查微生物的數目。下列是微生物數目改變而分的污泥五類別。前兩類——分散性成長和失去膠羽——常常是由於負荷率改變所引起的。第三類之硝化作用，是季節因素所引起的。最後二類是由於絲狀微生物和累積所引起的，表示環境或其他因素改變使絲狀微生物比膠羽形成者較優勢。

2.絲狀微生物生長的因素

(1)高濃度溶解有機化合物，諸如醣類或消化槽上澄液與腐敗污水之醱酵產物，促使厭氧狀況，而產生對膠羽形成菌有毒的硫化物——腐敗廢污所產生的絲狀微生物屬於酵母菌之類的眞菌。

(2)流入水有機負荷突變——高或低導致不平衡。

(3)溫度——暖和的水溫有利於土壤絲菌屬和分枝絲菌屬之繁殖，前者爲泡沫層中的多支狀有機體。

(4) pH——低 pH 值會殺死膠羽形成菌，有利於能適應低 pH 環境之絲狀有機體繁殖。

(5)工業廢水——流入污水下水道系統之工業廢水，可能含有下表所列之物質

。其正常排放對整個操作影響不大，因爲生物已可適應；但若此廢水濃度超過正常時，將會產生一些問題。表 5 － 2 可幫助操作人員判別工業廢水及其可能繁殖的絲狀微生物。

表5-2　絲狀微生物生成因素

廢水種類	主要來源	主要的微生物
(1)蛋白質	肉類加工廠	
(2)碳水化合物	含有醣類和澱紛如食品加工廠	眞菌（ F ）
(3)乳酸	奶品製造廠	乳酸菌
(4)硫化氫	下水道中污水腐敗所產生	絲狀菌屬（ F ）
(5) pH 值低或高	各種工業廢水	透明海葱菌屬
(6)毒性物質		
(7)金屬鹽類	如六價鉻等	

（ F ）——絲狀的

5 － 4 － 3　藉顯微鏡觀察以爲程序控制

操作人員利用從顯微鏡檢查微生物數目，卽可了解處理程序的情況。利用 100 倍的顯微鏡檢測曝氣槽固體物和迴流污泥固體物，可了解有機體的代謝狀況。污泥中輪蟲數目多顯示已老化，假若細小的鞭毛蟲多則顯示污泥未成熟，若有許多種而且數量很多的原生動物存在，則表示處理程序處於平衡良好狀態可達到預期放流水質。在很多情況下，可藉處理程序中有機體的平衡關係以預測可能發生之操作問題。表 5 － 3 爲活性污泥狀況微生物相。

表5-3　活性污泥狀況微生物相

污泥狀況	原生動物數目
1.不良的污泥 a 細菌分散 b 污泥無法膠凝	1.大量的 a 鞭毛蟲 b 阿米巴和其他根足動物 2.只有少數的纖毛蟲
2.不適當狀況 a 細菌分散 b 部份膠凝	1.存在有 a 鞭毛蟲 b 阿米巴和其他根足動物 2.少數纖毛蟲 a 自由游動 (1)喇叭蟲 (2)草履蟲 (3)屋蟲 b 固定的 (1)Charchesium (2)鐘形蟲
3.適當狀況 a 細菌膠凝 b 污泥的沉降性增加	1.少數 a 鞭毛蟲 b 阿米巴和其他根足動物 2.自由游動纖毛蟲佔優勢 3.存在一些（酒杯狀）纖毛蟲
4.良好的狀況 a 污泥沉降性良好 b 放流水的 BOD_5 低	1.極少數的鞭毛蟲 2.些許自由游動的纖毛蟲 3.酒杯狀纖毛蟲佔優勢 4.少數的輪蟲

5－5　水質檢驗結果之判斷

活性污泥法操作，最基本的水質檢驗應每日檢測者包括曝氣槽DO（即MLDO）SVI及放流水水質BOD（或COD），上述三項目是否在正常範圍，可做爲瞭解活性污泥之操作狀態。MLDO偏低時其可能原因之推測途徑示如圖5－1。處理水BOD高於20 mg／ℓ時，其可能造成原因之活性污泥狀態之推測途徑示如圖5－2。正常之SVI爲90～120 mℓ／g，其偏高或偏低之原因如表5－4，膨化原因追蹤及對策（例）如圖5－3。可由該等相關水質檢驗結果，做爲推測操作不正常之原因及活性污泥之現象。另藉30分鐘沉澱結果以判斷據爲操作亦甚爲方便，如圖5－4。

表5-4　SVI不正常之原因

不正常內容	原　　因	原　因　要　項
SVI偏高	流入水水質變化	1.水溫變化 2. pH不正常 3.低分子之溶解性有機物大量流入 4.氮及磷不足 5.多量腐敗廢水流入 6.脫離液流入量不均勻 7. SS之流入量低 8.有害物質流入
	曝氣槽管理不正確	9. BOD - SS負荷過大 10.MLDO不足
SVI偏低	最終沉澱管理不正確 流入水質變化 曝氣槽管理不正確	11.活性污泥滯積過多 12.水溫上升 13.砂土等流入 14. BOD - SS負荷過小

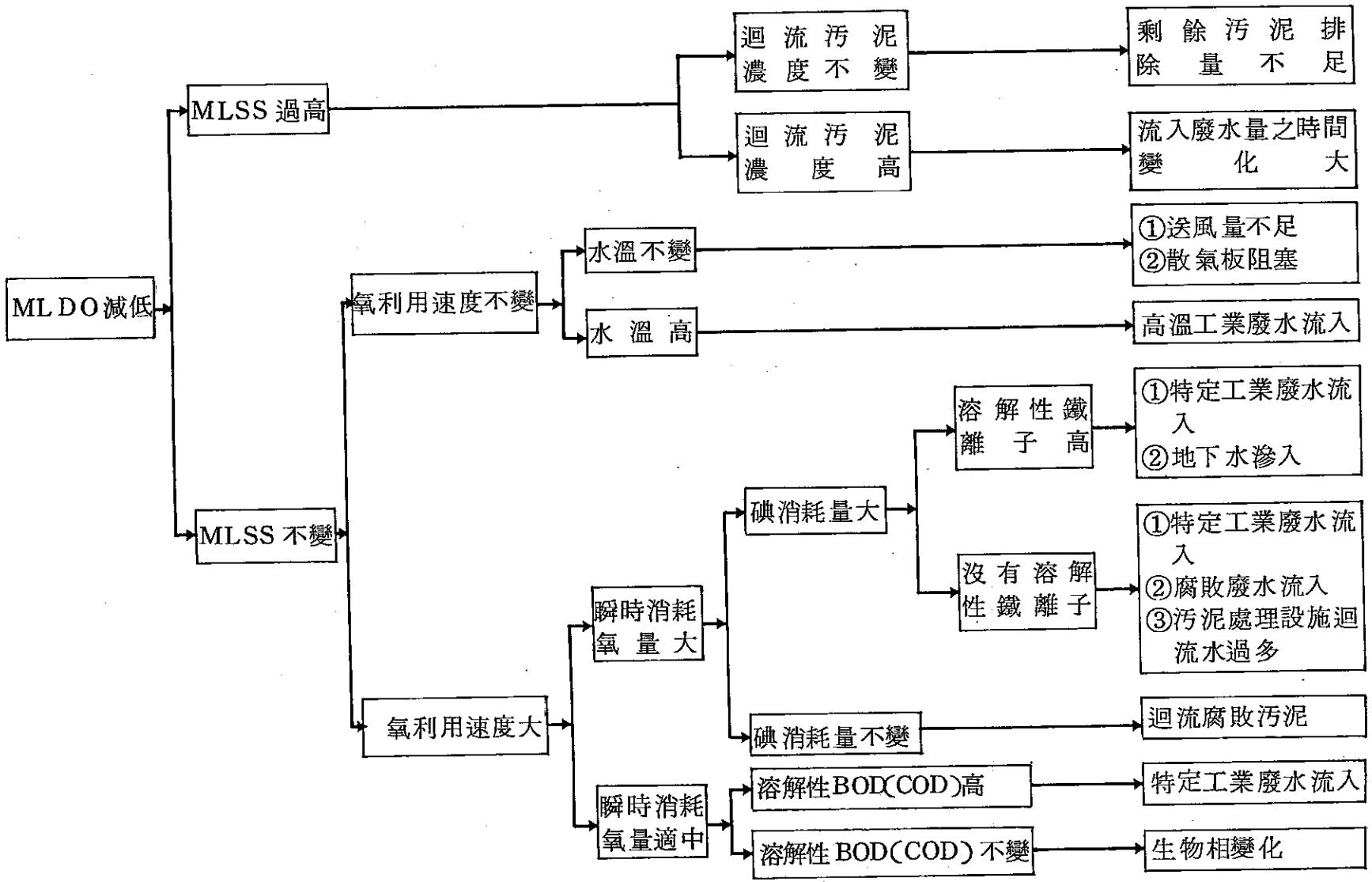


圖 5-1　MLDO偏低之推測操作不正常原因之途徑

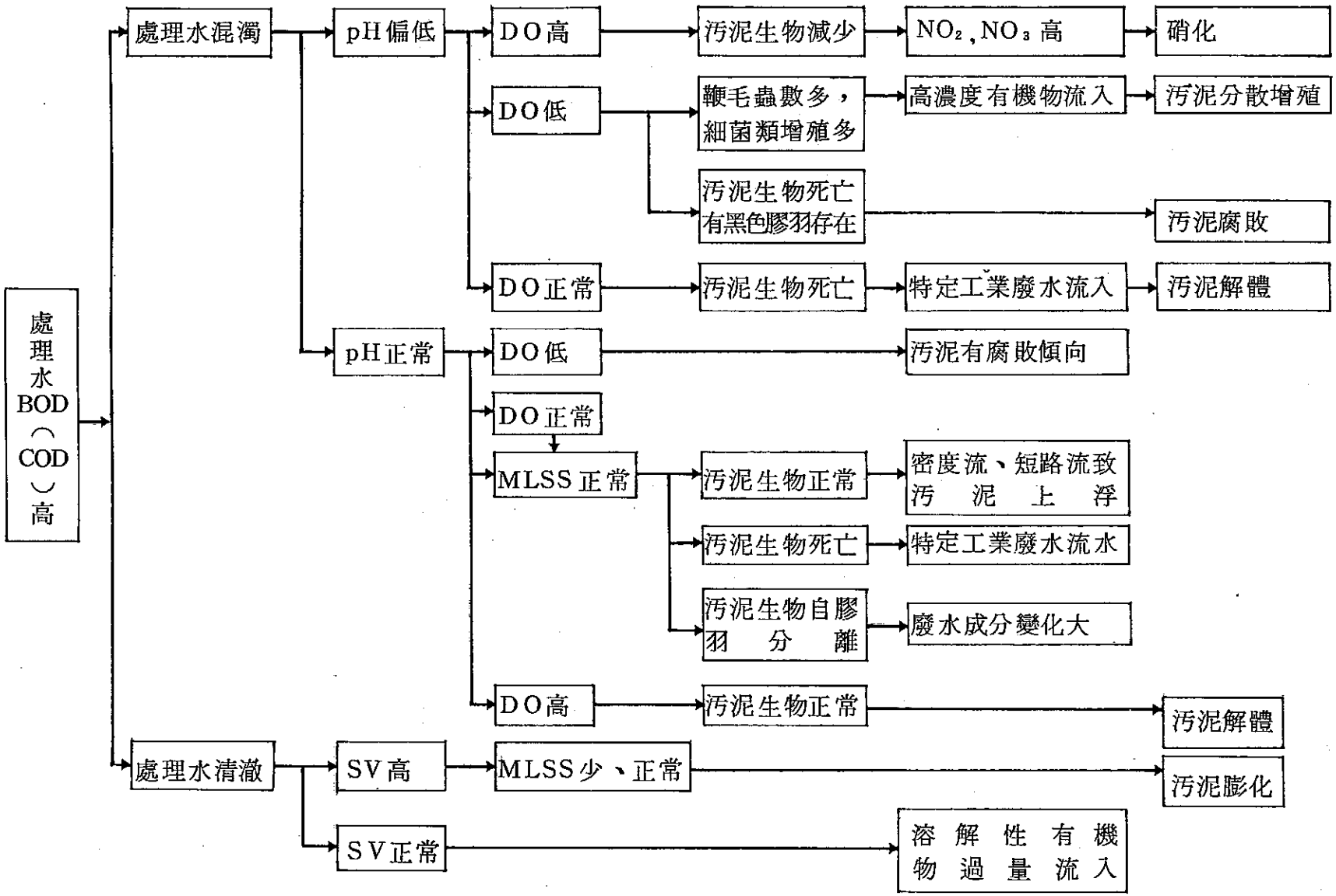


圖5-2　處理水BOD(COD)偏高，推測操作不正常原因之途徑

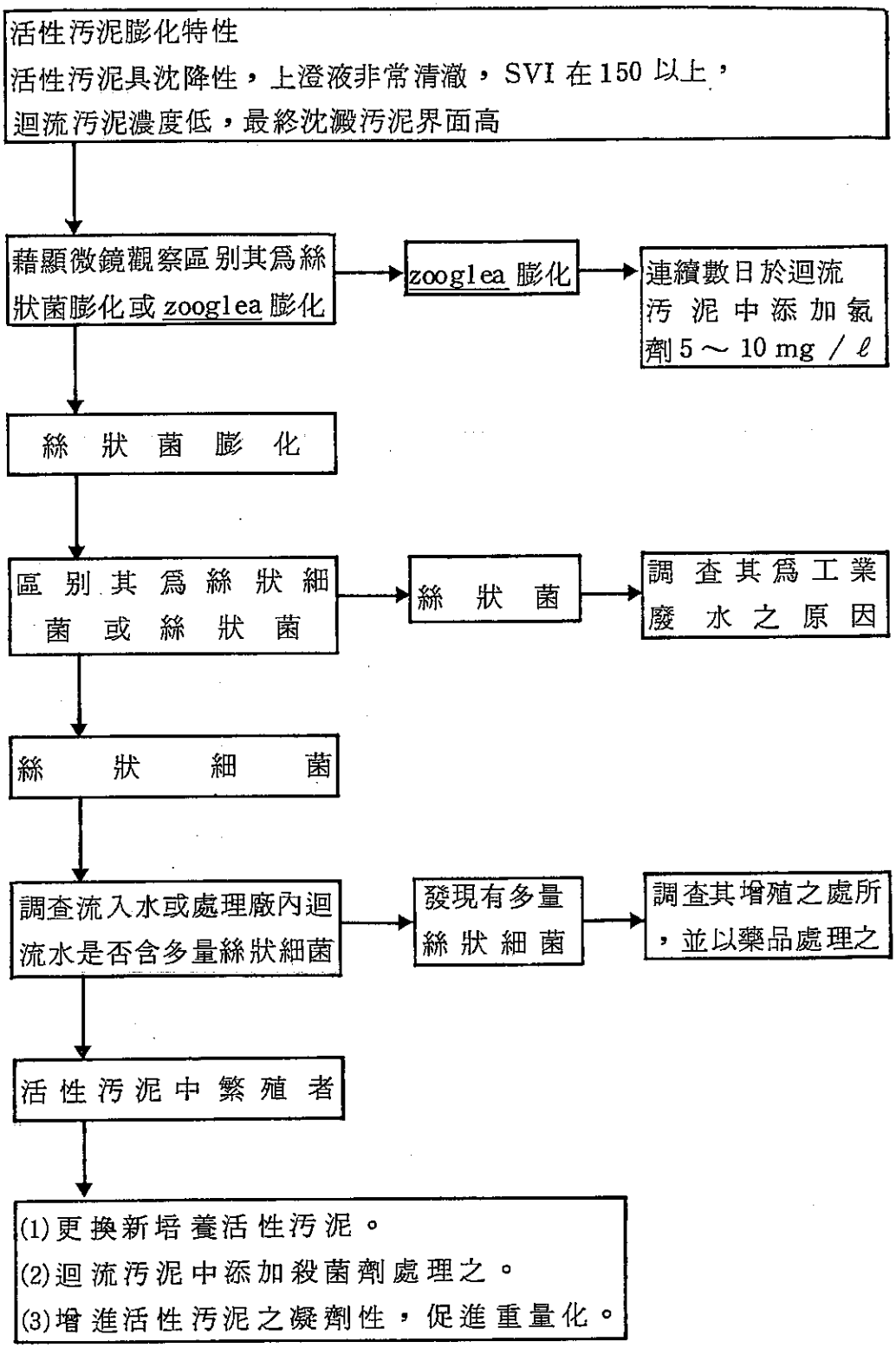
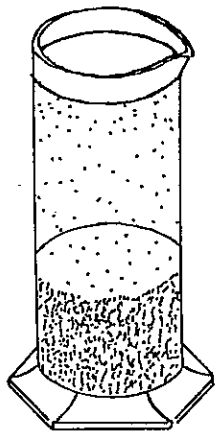

活性污泥膨化特性
活性污泥具沈降性，上澄液非常清澈，SVI 在 150 以上，
迴流污泥濃度低，最終沈澱污泥界面高
藉顯微鏡觀察區別其爲絲狀菌膨化或 zooglea 膨化
zooglea 膨化
連續數日於迴流污泥中添加氯劑 5～10 mg／ℓ
絲狀菌膨化
區別其爲絲狀細菌或絲狀菌
絲狀菌
調查其爲工業廢水之原因
絲狀細菌
調查流入水或處理廠內迴流水是否含多量絲狀細菌
發現有多量絲狀細菌
調查其增殖之處所，並以藥品處理之
活性污泥中繁殖者
(1)更換新培養活性污泥。
(2)迴流污泥中添加殺菌劑處理之。
(3)增進活性污泥之凝劑性，促進重量化。

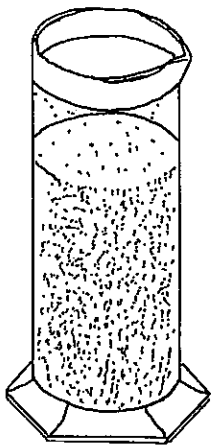
圖 5-3　膨化對策(例)

圖5-4　30分鐘沉降試驗觀察結果與應對措施



觀察結果　應對動作　改善措施

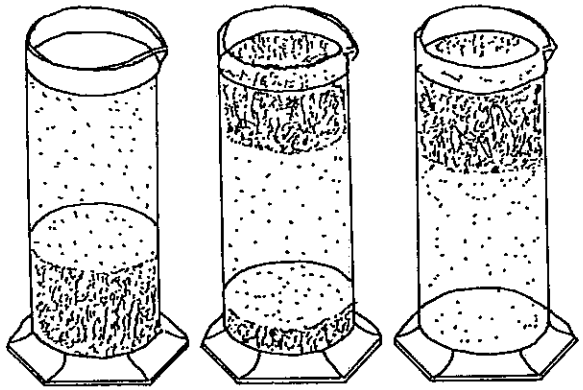
沉降試驗良好但終沉池有膠羽再捲起現象發生
- 檢查設備的功能良否—修繕設備
- 檢查水力負荷—改善進流／出流檔板設施—減低廻流污泥率
- 量測終沉池溫度分布—改善或增設檔板設施



觀察結果　應對動作　改善措施

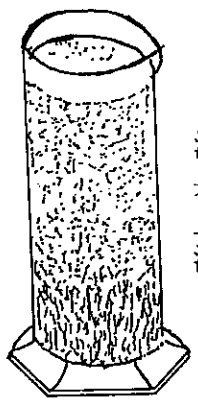
沉降試驗沉降效果差，但上澄液很清澈 — 使用顯微鏡觀察微生物生物相
- 絲狀菌散布
  - 檢查溶氧
    - 低溶氧—增加曝氣空氣量，使溶氧升至1～2 mg／ℓ
    - 溶氧分布不均勻—調整空氣量分布，使其均勻分布
  - 檢查氮磷鐵—BOD＝N：P：Fe＝100：5：1：0.5
  - 檢查 pH，若 pH＜6.5 —提高 pH 至 7.0 左右
  - 加氯殺絲狀菌—加氯量控制爲 2～3KgCℓ₂／1000Kg MLVSS／day
- 無絲狀菌，但膠羽鬆散
  - 檢查食微比—若較正常值爲高，則減少廢棄污泥量
  - 檢查溶氧—若高於 3.0mg／ℓ，減少曝氣空氣量

30分鐘沉降試驗　　1～2小時靜置後



觀察結果	應對動作	改善措施
污泥上升	攪拌後再靜置	增加迴流污泥率
污泥放出氣泡後再沉降	污泥將會在終沉池發生脫氮作用	增加廢棄污泥率

30分鐘沉降試驗　觀察結果　　應對動作　　改善措施

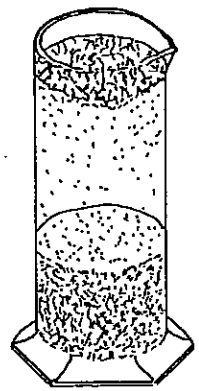


沉降效果差，上澄液混濁 — 使用顯微鏡觀察微生物相

- 原生動物老化 — 受到毒性物質抑制之機會很大 — 中止廢棄污泥，維持曝氣，繼續密切觀察
- 無原生動物
  - 食微比太高 有機負荷過負荷 — 減少廢棄污泥量和增加迴流污泥量
  - 食微比較正常爲低
    - 低溶氧 — 增加曝氣空氣量
    - 足夠的溶氧 — 中止廢棄污泥直至膠羽凝聚現象發生，如有可能加入馴養菌種
- 膠羽鬆散 原生動物活性強 — 曝氣量過量 — 減少曝氣量

（續）

30 分鐘沉降試驗

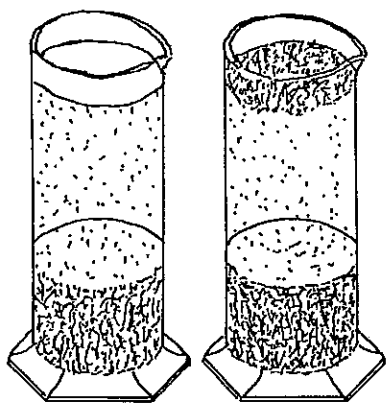


觀察結果　　應對動作　　改善措施

沉降後表面浮有灰狀之膠羽 — 攪拌上浮之膠羽觀察

- 放出氣泡後再次沉降 — 表示脫氮開始發生 — 增加迴流污泥量 或 增加廢棄污泥量
- 無放出氣泡也不再沉降 — 有過多的油脂，分析 MLVSS 含油量有否高於 15 % — 可能表示活性污泥含 — 改善前處理除油效果

30 分鐘沉降試驗



觀察結果　應對動作　　改善措施

膠羽細小或鬆散而浮於上澄液

- 上浮之膠羽呈凝聚狀 — 曝氣量太大，攪碎污泥所致 — 可能的話，減少曝氣量
- 上浮之膠羽，輕且鬆化 — 食微比太高，有機負荷過負荷 — 減少廢棄污泥量

5－6　異常時之處理

活性污泥如有異常立即影響水質，因此即刻探究原因及謀圖對策應爲第一要務。異常之原因大都由於流入水質，處理設施，及操作維護不當等爲主因，惟仍有甚多不明之原因。茲對於異常狀態中之：①膨化，②浮上③解體現象予以概述之。

1.膨化

膨化現象有絲狀性及非絲狀性之分，一般所述者爲絲狀者。此種現象係因絲狀性物質（絲狀菌）在活性污泥中不正常繁殖，導致SVI 極端增高。以致沉降性變低影響最終沉澱池之固液分離，污泥膠羽容易流失，使水質逐漸惡化。所謂絲狀菌與其相關者有Sphaerotilus、Beggiatoa、Bacillus等。當膨化現象發生時，一般認爲主要係由Sphaerotilus之影響，但無論在形態觀察或菌種確定，如認定全屬Sphaerotilus，則值得懷疑商確。

引起膨化現象之原因計有下列各項：①流入水中低分子溶解性有機物質居多，② BOD 負荷過大或過小，③流入已腐敗下水，④送風量不足，⑤混入多量消化脫離液，⑥最終沉澱池污泥堆積時間過長，⑦混入抑制物質，⑧氮及磷不足。上述原因雖多，但於多數情況下，難予確定究由何種原因導致膨化現象，因此目前仍無法訂定能應付所有膨化現象之對策。

通常依經驗認爲有效之對策爲，混入沉澱污泥或消化污泥，或添加適量之鐵鹽、鋁鹽、氯、過氧化氫等化合物。如能輸進正常活性污泥，則將膨化污泥排出更換成正常新污泥，亦爲有效之解決方法。

2.浮上現象

曝氣槽表面有時出現活性污泥狀之物質（浮渣狀），厲害時甚至達到數十公分厚，此種現象顯然與清潔劑之泡沫，或脫氮反應引起之污泥浮上現象不同，此種浮渣狀污泥如流入導水渠、最終沉澱池等，將引起處理水質之惡化。

上述現象曾有很多研究，並有學者Pipes提出報告。Pipes 氏認爲上浮現象發生時，其活性污泥中出現大量放射菌，由此放射菌所造成之粘狀物

將氣泡捲入其中，因比重減輕而漂浮於水面。通常，在污泥齡較長而且MLSS 濃度及水溫均較高時，較容易引起上浮現象，惟其眞正原因至今尙無定論。

上浮現象之處理對策有，降低MLSS濃度、減少污泥齡、於沉澱池表面噴水、衝擊漂浮物使之再沉澱或裝設阻流板等，可獲改善效果。最好多作試驗，以尋求最有效方法。

3.污泥之解體

活性污泥之膠羽產生破裂，變成細小污泥片分散之現象，一般稱之爲解體。污泥一旦解體，處理水之COD或SS則增高，究其原因可能爲①曝氣過剩，②混入抑制物質，③BOD-SS負荷降低，④流入水質惡化。

污泥如發生解體，首先須測定MLDO、耗氧速度、SV等項、並以顯微鏡觀察瞭解微生物狀況，再檢討原因及對策。如原因爲抑制物質之影響，則減少SV，重新再培養污泥，如能輸進正常活性污泥，應卽抽換部份或全部污泥爲宜。

以上所述者爲有關日常及異常水質管理之概要。下水處理系統中曝氣槽是其心臟部份，管理上須特別周詳，必須考慮其與前後設施之有機性關聯，妥善配合，方能獲致良好效果。

故須①掌握流入下水（沉澱下水）透視度、COD、及由監視，②曝氣槽混合液顏色及攪拌狀態，③最終沉澱池透視度及沉澱污泥膠羽流出狀況，以發現水質及設備之異常等，力求正確掌握現場狀況方能達管理預期之目的。

5－7　問題與對策

活性污泥法操作控制，以能維持活性污泥之正常狀態，達到良好的處理效果爲目標。

不正常之活性污泥由於其沉降性低，致無法完全沉澱而自最終沉澱池溢出。不正常之現象除摘要列於表5－5外，下列不正常現象之問題及其對策之進一步討論，可做爲操作控制之依據。

表5-5　活性污泥異常現象之主要原因及其對策

項	區分	異常之現象	原　　因	對　　策	備　　註
1	變色	變　黑 變　白	活性污泥腐敗 發生絲狀菌	參照第 7 項 參照第 3 項	正常活性污泥爲灰褐色～褐色
2.	膠羽輕	(1)污泥呈灰黑色，BOD 低 (2)淡棕色，不能沉降或上升，BOD 高	(1)污泥老化 (2)①污泥未成熟 ②水力負荷過高 ③設備不正常	(1)增加排泥 (2)①增加廻流污泥 ②調整或減低 ③檢查溢流堰整流設備是否正常，調整之	上澄液中有細小顆粒
3.	膨化	(1)活性污泥變白，不調和狀 (2)沉澱、分離性不良、不壓密 (3) SVI 在 200 以上 (4)活性污泥由沉澱池溢出，處理水水質不良	(1)污泥抽除不足致 zooglea 菌異常繁殖 (2)下述原因致絲狀菌異常繁殖 ①曝氣量不足 ②MLSS 濃度過高或過低 ③流入水 BOD 過高 ④流入水含有害物質 ⑤ pH 降低	(1)排泥 (2)探究左列原因擬訂對策，爲提早恢復正常可採下列措施 ①投入凝聚劑（硫酸錳、氯化亞鐵、粘土、矽藻土等） ②添加氯鹽、次氯酸鈉、矽藻土等 ③添加過氧化氫	以顯微鏡確認其原因爲(1)或(2)。若爲原因(2)以其恢復較遲，有時其至需更換污泥。

（續）

4.	上浮	污泥浮於沉澱池上面流出	(1)脫氮現象 (2)活性污泥之腐敗 (3)膨化 (4)解體 (5)沉澱池的缺陷（底部、刮泥機等） (6)流量變化太大	(1)①控制曝氣風量 ②增加廻流污泥量、排泥 (2)參照第 7 項 (3)參照第 3 項 (4)參照第 6 項 (5)沉澱池改造、調整 (6)設置流量調整槽	(1)時 pH 下降上浮污泥附著氣泡 (2)爲發生於尖峯流量
5.	混濁	處理水懸浮物濃度高，水色混濁	(1)Protozoa 增殖，毒性物質流入 (2)無 Protozoa，主要爲 F／M 過高 (3)過份曝氣	(1)預先處理控制 (2)減少流量或增加廻流污泥 (3)減少送風量	通常爲暫時性，原因去除卽可恢復
6.	解體	污泥被破壞成微細的膠羽現象	(1)過份曝氣 ①曝氣時間過長過份氧化之狀態 ②BOD負荷過低 (2)特定微生物異常繁殖 (3)有害物質流入 (4)機械性的破損	(1)控制曝氣量，增加流入水量使負荷適當。 (2)增加廻流污泥量 (3)管制有害物質流入 (4)減少攪拌強度	(2)之特定微生物爲 Amoeba，小型鞭毛蟲等

（續）

7.	腐敗	污泥發生腐敗，變黑及不快臭氣	(1)氧量不足 ①曝氣量不足 ②曝氣設備故障或停電 (2)沉澱池內長期貯積污泥 (3)曝氣槽、沉澱池之構造有缺陷	(1)停止污水流入，增加曝氣依恢復程度調節流入水量 (2)增加廻流污泥量，加強排泥 (3)改善構造物	停止曝氣在夏天1天，冬天2天以上就發生腐敗
8.	發泡	曝氣槽顯著發泡	(1)污水基質之原因 (2)一般清潔劑多量流入	(1)提高MLSS濃度操作 (2)添加消泡劑 (3)設置消泡設備	
9.	異常pH	pH下降	(1)進行硝化 (2)混入酸性物質	(1)①維持適當MLSS濃度 ②控制曝氣量（放風、分批曝氣等） ③增加廻流污泥量 (2)管制流入水水質	

1.多量固體物流失，但污泥正常

正常污泥，但就BOD負荷言，因MLSS偏高，致產生老化污泥。

現象	原因	鑑別	對策
最終沉澱池：細小膠羽流出溢流堰。污泥毯深達¼水深，水面上呈現浮渣	操作過程中F／M偏低或BSRT偏長，亦即固體物濃度太高	(1)污泥停留時間（BSRT）太長或F／M太低——SV_{30}試驗： a 上澄液有固體物而呈混濁 b 沉降快速 沉降污泥濃度增加且超過正常的臨界值	(1)降低固體物濃度，增加活性污泥的排棄量
曝氣池：水面有厚黑色的泡沫	攝氧率（RR）比正常值MLSS低負荷過高 檢驗放流水硝酸鹽濃度超過10 mg／ℓ 檢驗曝氣槽泡沫層中土壤絲菌屬（Nocandia）濃度	(2)是否發生硝化作用 (3)是否有土壤絲菌屬	(2)見問題與對策4 (3)降低BSRT或污泥齡

2.多量固體物流失，污泥不正常

超量的泡沫和污泥無法正常沉降，同時固體物濃度過低。

現　象	原　　因	鑑　　別	對　　策
部份固體物流失	可能由於短暫性有機物的超量負荷所引起 可能由於短暫或意外的超量排泥所引起	檢查固體物濃度和F／M比，F／M很可能過高，放流水的BOD和SS增加 檢查排棄率並比較固體物濃度。檢查污泥泵抽送量是否改變	見問題對策 5 降低污泥排棄率並使固體物濃度上升以便控制，回復正常的操作
曝氣槽被一層厚且白的泡沫所覆蓋，最終沉澱池表面上有翻騰的膠羽	操作時F／M太高，就有可能發生	檢視固體物濃度和F／M比，下面之試驗可顯示爲： (1) SV_{30} ： —假若都沉降的話，沉降率太慢 —污泥無法壓密 —污泥顏色呈淡棕到白色之間 (2) RR 比正常值還高，RAS 濃度過低無法提供處理系統足夠微生物量。最終沉澱池DO趨近於零，放流水的SS接近於MLSS 值	降低F／M比 (1)降低排棄污泥 依曝氣槽DO 適當的增加空氣量，這約需七天的時間可達改善效果。由於固體物增加沉降率可加快。廻流污泥濃度增加而RR 趨向於正常。SV_{30} 與RR 試驗應每小時做一次；MLSS和廻流污泥之 SS 每八小時一次，直到情況改善爲止，如需要的話，可噴灑消泡劑。加消化過後的污泥到曝氣槽中可增加負荷率。另增加利用另一最終沉澱池以增加停留時間。

3.水力超負荷

現　　象	原　　因	鑑　　別	對　　策
污泥正常—MLSS 廻流污泥及排棄污泥值均正常，MLSS 溢流入放流水中	大雨降低延時（亦即曝氣槽停留時間不足）導致不完全代謝和最終沉澱池沉降時間不足	SV_{30}、RR和SS試驗。當處理廠流量超過設計尖峯流量時產生超負荷，可檢核設計數據並比較流量計的讀數	(1)當氣象預報要下雨時開始增加固體物濃度，停止或降低排棄污泥並且增加廻流污泥 (2)假若可行的話，增加另一個沉澱池或導入調整槽
污泥正常但MLSS 溢流出堰外	使用二個或二個以上最終沉澱池時產生不均勻流量分佈	若有安裝流量計時每一個最終沉澱池的流量計都要檢查，並且檢查廻流污泥流量	(1)計算正確流量 (2)調整最終沉澱池入口設施構造 (3)調整廻流污泥泵
最終沉澱池溢流堰流量不均勻	堰不均勻導致發生短流情形	依實際情況而定	需要時應調整溢流堰

4.污泥上升

現　　象	原　因	鑑　　別	對　　策
在最終沉澱池水面有暗棕色，到黑色的懸浮腐臭污泥	排除污泥不足而產生腐臭污泥	污泥沉降停留時間過長致分解產生CO_2氣體附著於污泥上	增加 RAS ，縮短污泥在沉澱池的停留時間
有過量曝氣或脫硝污泥，略呈淡棕色之正常污泥，但有硬塊存在	過量曝氣或脫硝作用	檢查放流水中硝酸鹽濃度，若超過 10 mg／ℓ 可能發生脫硝作用 混合液 pH 值降低，需氣量上升表示有脫硝作用	停用—曝氣槽以縮短曝氣延時，降低硝化作用。或藉增加排棄污泥以降低MLSS濃度，本法可增加有機負荷並停止脫硝作用

5.超量有機負荷

問　題	操作不當引起之現象	正確的操作
(1)流量未改變，但有機負荷增加，如處理廠排入工業廢水	立即增加需要空氣量，迴流污泥之品質不佳而含有食物和有機體。微生物之代謝屬早期而無法利用新食物	增加空氣量與污泥迴流率，降低排棄率，以維持F／M 或增加代謝的時間： a 若爲完全混合式，則增加曝氣器數目 b 若爲接觸穩定法則以增加接觸時間及降低穩定步驟——減少負荷
(2)水力負荷與有機負荷均超量	縮短時，再加第(1)項的情況	可能時增加停留時間，否則增加總固體物。應考慮水力與程序不正常對水流水質之影響
(3)含有毒性物質的工業廢水間歇排入	活有機體急劇而瞬間減少或生物完全被殺死，或處理廠放流水對承受水體有害	在正確校正控制之前，應先分析鑑定工業放流之情況，可用下列方法校正： a 稀釋和增長延時以適應廢污——用在可氧化的有機負荷狀況 b 當負荷有毒性物時，將廢水予以繞流。 c 採用分離另行處理之方法 d 加強既有規定之管制防止再發生
(4)整體有機負荷由某一型態改變爲另一型態且爲高濃度負荷	無法提供足夠的微生物代謝食物或產生其他不適應的微生物	改變爲污泥再曝氣式或接觸穩定法，以便配合新基質和負荷率

第六章　設施之操作維護

曝氣所用之主要機器爲送風機、空氣過濾機、潤滑油泵浦、散氣設備等。這些機器能否圓滑地操作直接影響到曝氣的效率，故日常必須勤加檢點，防患事故於未然，如有異常須儘速修復，務使機器經常保持隨時可操作的狀態。

6－1　檢點作業

檢點作業主要是依照各種機器所定之檢點表、檢點記錄（以下稱「檢點標準」）進行。曝氣槽主要機器之檢點標準示如表 6－1 及表 6－2。

表 6-1　日常檢點標準例

設備	機器名		週期	主要檢點內容
曝氣槽	送風機		2回／週	異音、振動 漏油、油量
	補助機	給水泵	1回／週	異音、振動 漏油、漏水
		冷却水泵		異臭、冷却水
		油壓泵		潤滑油溫度
		油水槽		油水儲存量
	空氣配管		1回／週	空氣漏失
	排水泵		1回／日	異音、振動 排水槽 電流值

表 6-2　定期檢點標準例

機器名	送風機			
週期	檢點部分		內容	要領
6個月	送風機振動		測量	測定並記錄水平、垂直、軸方向之振動
1年	電動機	滑環電刷	目視	有無磨損 短電路之接觸狀況 電刷架清除
		固定子 旋轉子		鐵心線圈 通風口 塵埃吸附情形 與旋轉子之間隙 異常時期之測定記錄
特別事項				

製作檢點標準時必須注意下列事項。

(1)送風機

通常採用多段式輪機型送風機，其型如圖 1.8 (a)。

(a)目視檢點事項

①送風機本體內部有無異常聲音，軸承溫度是否保持在 70℃ 以下。表 6-3 表示觸覺與溫度之概略關係。

表6-3　利用觸覺判定溫度(周圍溫度20℃)

用手接觸軸承感覺	軸　承　溫　度
不　溫	20°C 以下
稍　溫	32°C
溫	38°C
熱　（接觸 60 秒）	48°C
相當熱（接觸 15～20 秒	56°C

②振動的程度必須特別注意，兩振幅如在 10～20 μ 之範圍則可認爲操作情形良好。

振動判定之標準如圖 6－1。

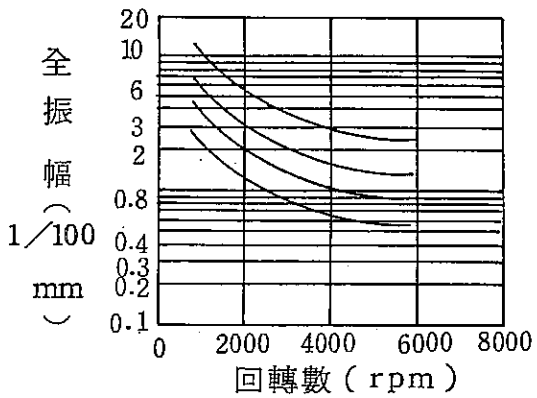


圖6-1　振動狀態判定標準(軸承之振動)

③潤滑油之供油能力、供油溫度、冷却器出入之油溫、水溫變化等之檢點及記錄。油量計或排出壓力計之流況及擺動幅度等須經常目視檢查。

④處理廠所使用之送風機，排出壓力通常爲 5～6 m水柱高，排出溫度約爲 80～90°C 。如將排出端的風量調節閥開度減小，則因壓縮比較大，可能致使溫度超過 100°C ，無甚影響，但如果溫度超出太多，則表示內部可能有異常，應卽停止操作，實施檢點。

(b)定期檢點事項

①軸承金屬磨損情形，接觸狀況、腐蝕之有無等之檢點，如磨損超過限度，應即予更換。表 6 － 4 所示者爲軸承與軸之間的標準間隙。曲折塡封（ Labyrinth Packing ） 之磨耗或經過長時間的操作均可能導致漏失，如磨損量太大，應即予更換。更換之標準間隙值請參見表 6 － 5。

表 6-4　軸承間隙表

直徑（ mm ）	適當範圍(直徑)(mm)	更換標準間隙(直徑)(mm)
30～ 50 以下	0.05～0.08	0.11
50～ 80	0.08～0.11	0.15
80～120	0.12～0.18	0.25
120～180	0.18～0.26	0.36
180～250	0.27～0.36	0.50
250～310	0.34～0.47	0.66

表 6-5　曲折塡封間隙表

直徑（ mm ）	適當範圍(直徑)(mm)	更換標準（直徑）（mm）
～ 80 以下	0.20～0.30	0.6
80～120	0.20～0.35	0.7
120～180	0.25～0.45	0.9
180～250	0.30～0.55	1.1
250～315	0.40～0.70	1.4
315～400	0.50～0.85	1.7
400～500	0.60～1.05	2.1
500～650	1.00～1.25	2.5
650～850	1.3 ～1.6	3.2

②振動程度約一年測量一次，測量時垂直、水平、及軸方向均須兼顧。如果振動很大，而操作仍繼續進行時容易導致軸承或曲折塡封部份之磨損。

③送風機之開關切除後，由於慣性作用機器仍可運轉，此時供油設備應能繼續供油直至完全停止。此項絕對的條件，不僅平常操作停止時應當注意，且偶而也應試驗操作看看有無問題。送風開關與供油如同時切除，軸承部份則容易燒損。又供油壓力變動太大也易引起事故，須加以注意。如使用油環式送風機，須特別查看油面是否保持在正常位置，油質是否惡化或受到污染。

④潤滑油使用壽命之長短，因機器之種類、操作條件、周圍狀況等因素而有極大的差異，更換時間無法一概而論。一般以操作開始後，500，1000，2000小時爲更換時機，2000小時以後再以每2000小時爲間隔作定期檢查油質劣化的程度，檢查作業最好委託專門廠商。

(2)送風機驅動用三相誘導電動機

(a)目視檢點事項

①電流值、旋轉數、異音、異臭、軸承溫度等之目視檢點及記錄。軸承如爲油環式，則須特別注意油量、油環之旋轉狀況、漏油之有無等。又在操作與停止兩種情況，即使是相同的油量，油面指示值會有差異，因此油量之指示值應以靜止時爲準，而且潤滑油之補給也應在靜止時實施。

②刷子部份：火花、刷子之磨損、滑環表面之磨損等應加注意。在刷子磨損的地方，由於碳灰佈滿周邊造成污損，或附着於絕緣體表面產生短路，因此滑環之周圍須時常清除維持乾淨。又經過長期的操作，刷子與支架（holder）間常易附着塵埃，而妨礙到刷子之運動，且也容易導致產生火花或側面之電蝕，因此必須經常確定刷子在支架中是否能自由行動。但在操作中進行此種確定工作時，必須特別注意防止感電發生。

(b)定期檢點事項

①由於軸承之磨損，固定子與旋轉子可能接觸在一起，因此至少一年一度，使用間隙量測器量測，位置最好四處以上，並且記錄存檔。

②固定子與旋轉子之損傷程度、絕緣物之劣化程度、各部份螺釘及螺帽之鬆弛度、鐵心有無生銹等項之檢點。同時絕緣電阻也最好同時測量。

③線圈如沾污，易使絕緣電阻降低，須加以清除。清除線圈表面污垢之方法，通常使用壓縮空氣，而且必需是乾燥的空氣。

④如由於未知之原因導致滑輪之異常磨損（榫接磨損或火花燒損），或產生搖擺不穩現象，應予即時矯正，如果情況輕微，可僅以砂紙修飾即可。

⑤刷子磨損量標準約爲每1000小時2～4 mm 。圖6－2表示磨損極限值。

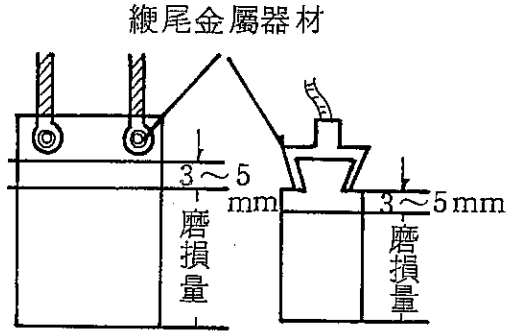


圖 6-2　刷子磨損限度

⑥檢查潤滑油劣化程度，如過厲害應予更換。

(3)起動用電動控制器

此種控制器在機械與電力系統方面，結構均甚牢固，但如疏忽檢點仍會縮短使用壽命，而且常會有意外的事故發生，故下列幾項須特別留意檢點。

(a)檢查運轉狀況是否圓滑、有無異音。

(b)有無異常發熱或油滴滲出。

(c)電弧所引起的接觸子之損傷會導致接觸不良，要確實檢點。接觸面受損如屬輕微，只要稍施摩擦，接觸即可變好。

(d)蝸輪、凸輪軸、軸承部等處，每六個月補充一次油脂。

(4)潤滑油泵

操作中振動之程度、異音之有無、壓力指示值、電流值等均爲日常檢點之事項。另外，軸承之溫度也須注意，用手無法接觸到的地方，須添設溫度計（室溫＋40°C，或液溫＋20°C 以內）。定期檢點事項如表6－6。

表6-6　潤滑油泵浦定期檢點事項

檢點部份	內容	期間	
		每3個月	每年或每8000操作小時
滑軸承	檢點作用面上有無傷痕計測內徑之摩擦損耗程度		0
塡密函蓋	檢點函蓋之裝置狀況及洩漏量，漏水過多需更換	0	0
機械水封	檢點作用面之狀況		0
O環	檢點表面之傷跡及硬化狀況，如變形則需要更換新品		0
排出閥	將出口之閥壓緊，使壓力增高，觀察排出閥之動態		0
聯結器之螺釘及橡皮圈	檢點磨損狀況，有異常則需更換新品		0
基礎螺栓	檢點基礎螺栓		0

(5)油冷却器

爲防止油冷却器效率降低，以下幾點必須注意。

(a)一年一次實施檢點管之腐蝕或有無異物混入，必要時給予消除或更換。

(b)管內堆積如爲軟泥狀，可用高壓水循環冲洗，如爲硬塊狀物，則可用棒刷清除。

(c)爲防止腐蝕，冷却水最好使用清水。

(6)乾式空氣過濾機（圖2－12）

乾式空氣過濾機有的是固定在支架組合中，而有的是利用在下部捲取方式讓濾材自動運送者，一般使用後者居多，以下所述者皆關於此型。日常檢點之主要工作是，以差壓計監測濾材的壓力損失，特別是由於塵渣附

著過度引起壓力損頭上昇（差壓方式）。損失水頭在30～50 m水柱以上時，必須實施檢點整修。又濾材更換時，爲防止塵埃飛散，使用碎布擦拭嵌板等附屬部份之塵汚。定期檢點作業可以每六個月一次，對於驅動部份之鏈條及鏈輪實施除塵及潤油。減速機每年更換10％左右，並經常保持油面正確的位置。如裝設有檢測靜壓之噴嘴，因其容易附着灰塵而產生堵塞現象，每六個月應實施一次清除工作。

(7)濕式空氣過濾機（圖2－11）

濕式空氣過濾機通常採用自動旋轉洗淨方式，其檢點事項包括，過濾器驅動用電動機及減速機等之旋轉部及衝擊部之有無異常、定時器運轉是否確實等之檢點。油槽底部堆積之塵埃，工廠地帶每2～5週，市區每2～3個月清除一次。

(8)配電盤

送風機配電盤、風量控制器、高低壓盤等之檢點時，除注意異音、異臭、溫度等之外，盤內亦應適時清除，以免堆積塵埃。又故障顯示系統之檢點，確定試驗至少每年實施一次。

(9)散氣設備

散氣設備可粗分成固定式（散氣板）及可動式，一般採用固定式。散氣設備之故障幾乎皆是起因於堵塞現象。堵塞之原因亦可分成水與空氣兩者。由水引起者，大都是曝氣槽內大量之懸浮物附着在散氣板上，甚而侵入氣孔內導致堵塞。由空氣引起者，是因爲空氣中之塵埃吸附在氣孔中而導致不通之現象。堵塞如過於厲害，通常必須更換新品，但在更換時必須停止曝氣槽之操作，在維護管理上並非是良好的事情。關於散氣設備之檢點有下列幾點須注意。

(a)送風機上須加裝空氣清潔器，以便淨化空氣。

(b)實施完整的前處理。

(c)散氣之風量儘可能保持一定，避免斷續操作。

(d)風量應保持在規定之最小值以上（散氣板每枚60ℓ／min表6－7）

(e)應防止雜物落入曝氣槽，因爲雜物可能造成散氣板的斷裂或阻塞。

表6-7　散氣板(筒)之標準通氣量及最小通氣量

擴散器 \ 通氣量	標準通氣量 (l/min)	最小通氣量 (l/min)
散氣板	80～100	60
散氣筒	～ 120～150	100

⑽閥類

將所有門閥關閉，並在軸心部等各重要部份充分塗油保養。排水閥因爲操作頻率很低，長期放置後易產生開關困難，故在工程完成當初，對於軸心部之定心是否確實，是否使用耐腐蝕性材料等要確實檢查。

⑾送風管之漏氣與熱擴散之防止。

送風機排出那一側的配管，經長期使用後，由於地盤沉陷不均，管接頭時常會產生漏氣現象。萬一發現有漏氣現象，應將螺絲旋緊或採取其他補救措施。又在送風系統中，爲防止熱擴散，經常使用玻璃棉等斷熱材料被覆於管之表面。以上兩者在操作開始前，應仔細測驗檢查。

6－2　可能發生之異常現象及對策

對於曝氣槽之各種主要機器設備設想出各種可能的異常現象及處置對策歸納如下：

(1)送風機

關於送風機部份可參考表6－8，但以下事項須特別注意。

(a)送風機內部之溫度異常增高。

吸入端之溫度爲常溫，而機內溫度却異常高，此種現象經常發生，其原因可能爲散氣板或送風管堵塞、排出閥開關不良帶起抵抗增大、或排出端之壓力上昇等，須針對各種原因仔細分析，然後排除故障使之恢復正常。

表6-8　曝氣槽設備之日常檢點及異常時之對策

異常現象	主要原因	處理對策
因軸承之溫度上昇而燒損或磨損	1.軸承金屬材質不良	1.更換金屬
	2.軸承金屬與台座金屬密着不良。	2.更換金屬
	3.軸承金屬與軸之間隙太小	3.調整加工
	4.油溝或接觸部分不良	4.調整加工
	5.軸承金屬磨損太大	5.調整或更換
	6.油中混入異物致使軸或軸承金屬刮傷	6.調整加工
	7.油變質或混入水份	7.油再生或更換，檢查修理水浸入部份
	8.油冷却之能力降低	8.管內清除，檢查水室內是否腐蝕
	9.軸承面壓力過大	9.油溝變更，軸承改造
	10.軸推力過大	10.平衡盤作用不良，平衡管阻塞
	11.供油管阻塞	11.清除
	12.供油量不足	12.油泵浦容量不足，繞管閥調整不良，管阻塞，油溝不良
	13.油量調節孔口阻塞	13.清除或加大孔徑
	14.直接聯結中心偏差	14.調整修正
	15.油圈旋轉不良	15.更換或改造
潤滑裝置故障	1.齒輪泵浦故障	1.分解修理或零件更換
	2.濾油器阻塞，吸入空氣	2.清除濾網，更換濾器之塡函蓋或凸緣襯墊，旋緊螺釘。

（續）

振　　動	3.潤滑油之不純物 4.供油管中之閥動作有偏差 5.各種繼電器故障 6.油量不足 7.使用油之種類有誤 1.動葉輪吸附異物 2.動葉輪腐蝕或磨損 3.動葉輪變形 4.動葉輪之平衡調整不良 5.軸聯結器之不平衡 6.動葉輪與軸之箝合不良 7.軸彎曲	3.再冲洗，潤滑油再生或更換。 4.調整至正常 5.再調整、修理、更換 6.補充 7.更換 1.清除 2.視腐蝕或磨損程度部分修理或更換 3.修正 4.調整平衡 5.調整平衡 6.更換輪轂或油 7.修正或更換
裝置及組合不良	1.直接聯結（Direct Coupling）中心偏差 2.基礎不良、共振 3.軸承金屬間隙過大 4.動葉輪與外殼碰觸	1.檢查修正 2.補強、改造 3.調整或更換金屬 4.再調整
異常音、噪音	1.滾子軸承破損 2.吸入異物 3.噪音	1.更換 2.排除 3.設置管捲、防音室、防音蓋
性能降低	1.旋轉數降低、電源週波數降低 2.實際電阻比計畫電阻大	1.調整旋轉數計週波數計 2.更換計畫，更換動葉輪、鼓風機、配管

（續）

	3.動葉輪內吸附異物或磨損、腐蝕 4.殼內堆積灰塵 5.吸入及排出閥門開閉不良 6.排洩閥脫落或其他的遮蔽蓋滲漏 7.曲折部磨損，間隙過大 8.吸入過濾器阻塞	3.清除、修理、更換 4.清除 5.清除、檢點、修理 6.旋緊或更換 7.更換 8.清除或更換
動葉輪或外殼腐蝕	1.材質對氣體敏感 2.吸入周圍之腐蝕性氣體 3.吸入濕潤空氣	1.更換材質，作防蝕措施 2.調查狀況、變更材質，塗漆防腐蝕 3.檢查浸入部分，修理。
漏　油	1.油量過多 2.軸承體之塡函蓋不良 3.軸承體接合面不良 4.軸承體內之排氣不良 5.軸或軸聯結器之轉動誘發漏油 6.油氈環使用不當	1.減少油量 2.調整改造 3.修理 4.改造或加裝排氣設備 5.設置擋風板或軸聯結器遮蓋 6.修正
漏　氣	1.塡密函蓋之磨損 2.0 環之磨損 3.迂迴密封套之磨損 4.水封量及水封壓不足 5.封閉閥調節不良 6.封閉及排洩配管錯誤 7.外殼接合面之襯材，不良或使用方法錯誤（過度旋緊或僅旋半邊）	1.更換或追加 2.更換 3.更換 4.確保水量、水壓 5.調節 6.改造 7.更換、調整

(b)氣壓激變（ Surging ）現象

送風機及配管產生氣壓激變現象時（壓力反復變動，振動及噪音增大，壓力計及電流計之指針大幅搖擺），將風量閥調至氣壓激變限界下之最小風量，之後再打開徐徐增加風量。如裝有氣壓激變防止設備，則接其指示方法正確地操作卽可。又如有必要調節風量時，利用吸入端的門閥可能要比風量調節閥來得有效妥當，如此不僅可達到風量調節的目的，而且可以防止機內溫度上昇及氣壓激變的現象，進一步更可以節約動力能源。

(c)送風量減低

在操作中送風量突然大幅降低的情形並不多。風量異常減低的原因可能爲翼輪磨損、雜物堵塞（送風管、散氣設備、空氣清潔器）。將其原因去除卽可能恢復正常。另外風量計有時也會不正常，須隨時注意。

(2)送風機驅動用電動機

驅動用電動機一般使用卷線型三相誘導電動機，有關於此項可參考表6－9。

(3)起動用電動控制器

關於起動用電動控制器可參考表6－10。爲了安全起見，通電時絕對禁止用水接觸。內部檢點時，亦應事先切斷電源，有作業指示時才能進行。檢點之後應不忘記收拾頂蓋上所放置之器材。

(4)油冷却器

油冷却器之主要異常現象及處理對策如下：

(a)冷却能力減低

冷却能力減低時，冷却管內外及水套（ Water Jacket ）部份之水垢應予徹底清除。

(b)冷却管內之漏水

冷却管漏水時，應更換漏水部份，或檢討改善材質。管之腐蝕可能因水質關係進行快速，一旦產生蝕孔，水與潤滑油接觸混合後，潤滑作用便消失，最後潤滑油不得不全部更換，此種例子並不少見，故檢點時應特別注意。

表6-9　驅動用電動機之異常及處理對策

異常現象		主要原因	處理對策
電動機未能啓動	電源及電路	1.電源電壓低 2.電壓降太大（電源容量不足線路電阻太大） 3.斷線或電壓不平衡	1.以電壓計檢查，與電力公司聯絡。 2.檢查起動前及起動後電源及電壓變化，電動機接頭亦同樣檢查 3.檢查不良地方並加以修正
	電動機	1.固定子或旋轉子線圈斷線 2.固定子線圈連結錯誤 3.旋轉子不良，斷線或不平衡 4.固定子與旋轉子之鐵心接觸。 5.軸不良 6.起動轉矩不足	1.測量電阻及電流，修復 2.修正 3.更換或修正 4.以手轉動檢查，分解並修復不良部分 5.同上 6.嘗試變換電阻分接
	負荷	1.過負荷	1.減輕負荷
起動後加速過慢		1.電壓低 2.旋轉子不良 3.超負荷或轉矩不足	1.檢查電源及線路之電壓 2.檢查是否線圈不平衡，刷子接觸不良 3.負荷如無異常，檢查電動機之容量
旋轉方向相反		1.相反回路	1.更換起動機或電動機接頭三相中之其中兩相

（續）

電動機本體過熱		1.過負荷 2.由於電壓降所產生之超電流 3.電壓太高，損失過大 4.一相斷線或接觸不良 5.線圈短路或接地 6.固定子與旋轉子接觸 7.塵埃妨礙通氣	1.減輕負荷（直至額定電流） 2.以電壓計檢查並提高電源電壓，減輕負荷 3.以電壓計檢查並降低電源電壓 4.修復 5.測量電阻電流並修復 6.以聲音判斷，檢查軸彎曲、軸承等，修復故障 7.清除
軸承過熱	軸承	1.配帶過緊 2.聯結齒輪咬合不良 3.定心不良 4.振動 5.裝置不良，基礎惡化 6.軸彎曲	1.鬆弛配帶 2.再調整 3.再調整 4.調整 5.調整裝置 6.修復
	滾珠軸承	1.滾珠軸承本體不良 2.潤滑油脂惡化 3.潤滑油脂量不當 4.來自其他部分之傳熱	1.檢查滾珠和外輪是否損傷並修復更換 2.洗淨或更換新油 3.軸箱容量之40～50% 4.保護不受傳熱影響
	振動	1.質量性的變化	1.因長期操作，絕緣物惡化，箝合部分鬆弛，必需修整。

（續）

	2.基礎惡化 3.定心不良 4.管接頭之振動 5.負荷不平衡 6.單相運轉或電壓不平衡 7.旋轉子線圈之斷線	2.檢查、修補、加強 3.再調整 4.修整 5.調整 6.平衡電源、電壓，修復斷線或接觸不良部分。 7.修補不良部分，調整刷子位置
噪音	1.因軸承磨損致使空氣隙變化 2.二次回路不平衡 3.台板鬆弛產生共振 4.單相運轉或電壓不平衡	1.檢查空氣隙變化原因並修復之。 2.測量旋轉子之電阻，修復不良部分，檢點刷子或短路環 3.旋緊螺釘 4.檢查斷線及不良接觸，平衡電壓及調整負荷
各相電流不平衡	1.電壓不平衡 2.單相運轉	1.檢查電源電路並平衡電壓 2.檢查斷線及不良接觸，並調整之
各相電流之脈動	1.二次回路不平衡 2.負荷扭矩產生脈動	1.測量旋轉子線圈之電阻，修復不良部分，檢點刷子或短路環觸點 2.追加飛輪

表6-10　起動控制器之異常及對策

異常現象	主要原因	處理對策
電動機有鳴聲且不旋轉	1.軸承部燒壞。 2.電磁制動機不良。	1.更換軸承。 2.分解檢點、配線檢查。
電動機無鳴聲但不旋轉	1.電磁開關不良。 2.電動機線圈斷線。 3.補助開關接觸不良，線路斷線，接頭接觸不良	1.檢點線圈及可動部分。 2.重新捲線 3.檢點、整修。
電動機轉動，但凸輪不轉動	1.電動一手動，切換開關在手動那一側。 2.離合器磨損，彈簧不良，管接頭之栓折損。	1.切換開關移至電動側。 2.分解檢點。
不停止在正規凹口上	1.剎車襯磨損。 2.凹口鼓輪上之接觸子接觸不良。 3.補助開關不良。	1.更換。 2.分解檢點。 3.分解檢點。

(5)潤滑油泵

送風機用之潤滑油泵一般採用齒輪泵，其異常及處理對策歸納如表6－11。

(6)散氣設備

有關散氣設備如表6－12。

(7)異常發泡及防泡設備

曝氣槽或導水渠內異常發泡之防止方法，一般採用防泡網及噴水設備。

(a)防泡網

裝設防泡網可使處理設施內所產生之泡沫受到網之抑壓，不易溢外面。爲避免腐蝕，網材可使用被覆乙烯樹脂之金屬網、尼龍、或賽冉（Saran）等。網之強度如果不足，外頭須設置欄柵，以防外人攀越。又降雪之時，因雪之荷重導至網脫落於曝氣槽內之情形也屢見不鮮。因此支持用的金屬器材產生腐蝕或防泡網有破損，應即迅速修補。又防泡網對於防止泡沫飛散並非完善之措施，如有泡沫溢出網外，應再適當地利用噴水方式加水清泡。

(b)散水設備

散水設備之消泡效果，因噴嘴之構造、安裝間隔、位置、水壓、噴嘴角度等因素而有差異，在實際應用時，應儘可能將這些因素調整至最佳狀況。消泡之用水一般採用二級處理水，但常遭水中所含的微細固體顆粒或藻類等物堵塞，故必須實施定期清除工作。又消泡用水之取水場所，常設有細目篩、微濾器、高速過濾器等設備，以便防止噴嘴產生堵塞，惟這些機器也必須經常實施檢點及清除工作才能維持正常操作。

表6-11　潤滑油泵浦之異常及處理對策

異常現象		主要原因	處理對策
不起動		1.電動機故障 2.齒輪被異物卡住	1.修理電動機 2.專門工廠修理
雖能起動但是……	油不流通	1.油閥堵塞 2.旋轉方向相反 3.篩及吸管阻塞 4.油粘度很低	1.檢查油閥 2.檢查箭頭方向 3.檢查內部，利用眞空計確定 4.檢查油如只能以低粘度使用，計畫需再檢討
	未依照規定之排出量及排出壓	1.吸入空氣 2.旋轉數降低 3.排出壓在規定壓以上 4.油粘度偏低 5.側板與外置之間隙太大（側板磨損） 6.液溫高或揮發性大 7.安全閥調整能力太弱 8.濾篩堵塞	1.調整吸管及塡函蓋 2.以旋轉計測量 3.以壓力計測量 4.檢查油，如只能以低粘度使用，需修理側板，如無法修理，計畫需再檢討 5.調整間隙用側板之側面插入襯墊，側面間隙調至0.08～0.15 mm，如無法調整需更換 6.計畫再檢討 7.再調整，氣隙內面墊以厚度.3 mm左右之墊圈，如無效，則更換彈簧 8.清除
	開始時油可流出，未久即停止	1.由吸入側吸入空氣 2.配管不良，吸管內形成空氣袋	1.調整吸管、塡函蓋 2.檢查配管（稍停一段時間可能會流出）

（續）

		3.油之粘度太高	3.計畫再檢討
	超負荷	1.旋轉太快 2.排出壓太高 3.油之粘度太高 4.外罩凹陷 5.旋轉部份卡住 6.塡密函蓋旋得過緊 7.調整直結部份 8.齒輪被異物卡住 9.軸承損傷	1.以旋轉計檢查 2.以壓力計檢查 3.檢查油，如只能以高粘度使用，計畫需要再檢討 4.檢查配管 5.專門工廠修理 6.放鬆 7.調整直結部份或更換管連結之橡皮 8.專門工廠修理 9.更換軸承（潤滑性差之油經常引起，需檢查油質，如將就使用，需再檢討原計畫）
	軸承過熱	1.軸承損傷 2.排出壓太高 3.油之潤滑性較差 4.循環用之管槽堵塞	1.更換軸承 2.以壓力計檢查 3.再檢討計畫 4.分解清除
	泵浦噪音過大	1.旋轉數過多 2.空氣混入回路系統 3.泵浦、齒輪之損傷、齒形不良 4.直結部份不良	1.以旋轉計檢查 2.檢查連結部份是否漏失，或回向配管伸進油中 3.專門工廠修理 4.檢查直結部份
	泵浦振動	1.軸彎曲 2.裝置不良 3.軸承損傷 4.排出壓之脈動數與配	1.專門工廠修理 2.檢查裝置狀況 3.更換軸承 4.固定配管，如無法修好，委

（續）

		管固有振動數一致，產生共振 5.泵浦齒輪損傷 6.直結部份不良 7.安全閥之振動傳至泵浦 8.管接頭橡皮不良	託專門工廠 5.專門工廠修理 6.檢查直結部份 7.極力避免安全閥半開時使用 8.更換管接頭橡皮
	填函蓋洩漏嚴重	1.機械水封磨損 2.填密函蓋磨損 3.填函蓋中異物阻塞 4.液溫高 5.吸入壓力過高	1.更換機械水封 2.更換 3.更換機械水封或填函蓋 4.溫度無法降至規定值以下時，需再檢討計畫 5.吸入壓力無法降至規定值以下時，需再檢討計畫
	送風量減少，送風機排出壓上昇	1.散氣板堵塞 2.排氣閥動作不良	1.更換散氣板，利用線刷，以水或鹽酸清洗（先浸24小時再洗） 2.修正排氣閥開關
	曝氣槽異常發泡（局部或全部）	1.散氣板破壞 2.排氣閥動作不良	1.調整後暫時維持，應儘早更換散氣板 2.修正排氣閥開關
	送氣量增大，送風機排出壓降低	1.散氣板破損、脫落 2.排氣閥動作不良	1.調整後暫時維持，應儘更換散氣板 部份更換會導致新舊板之空氣量難以調節 2.修正排氣閥開關

表6-12 散氣裝置之異常及處理對策

異常現象	主要原因	處理對策
送風量減少 送風機排出壓上昇	1.散氣板堵塞 2.閥門之操作錯誤	1.更換散氣板，利用鋼絲刷，以水或鹽酸清洗（先浸24小時再刷洗、冲洗） 2.確查閥門操作
曝氣槽異常發泡（局部產生大氣泡	1.散氣板破壞，部份堵塞 2.閥門操作錯誤	1.調整閥門暫時維持，應儘早更換散氣板 2.確查閥門操作
送氣量增大，送風機排出壓降低	1.散氣板破損、脫落 2.閥門操作錯誤	1.調整閥門暫時維持，應儘早更換散氣板 部份更換將導致新舊板之空氣量難以調節，故不理想 2.確查閥門操作

附錄一　演算公式及演算例

一、演算公式

1. BOD負荷

BOD（mg／ℓ）×流量（m^3／d）×10^{-3} ＝BODkg／day

mg／ℓ×m^3／d×10^{-3} ＝kg／day

2. MLSS，曝氣槽中（以kg表示）

MLSS（mg／ℓ）×曝氣槽體積m^3 ×10^{-3} ＝MLSS的kg數

3. F／M比

$$\frac{\text{BODkg數}}{\text{MLSS公斤數}} \text{或（kgMLSS} = \frac{\text{BOD的kg數}}{\text{F／M}}\text{）}$$

4. 如MLSS已知，求以mg／ℓ表示的MLSS

$$\text{MLSS（mg／ℓ）} = \frac{\text{MLSS（kg）}}{\text{曝氣槽體積（mg）}} \times 10^{-3}$$

5. BOD去除率（%）

$$\frac{\text{去除BODkg數}}{\text{進流水BODkg數}}$$

6. 停留時間

$$\frac{\text{池體積} \times 24\text{小時}}{\text{處理廠流量}}$$

7. 用比例方程式，求未知流量或濃度

$V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

式中 V_1 ＝進流量

V_2 ＝流出量

S_1 ＝進流濃度

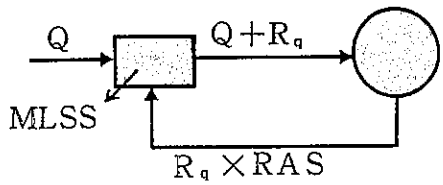
S_2 ＝流出濃度

將基本方程式重新整理求V_2

$$V_2 = \frac{V_1 \times S_1}{S_2}$$

8.欲得固體物在曝氣槽周圍的平衡關係，可利用流量與濃度表示之：

$$(Q + R_Q)MLSS = R_Q \times RAS$$



例：求迴流污泥濃度，可將基本方程式重新整理

$$RAS = \frac{(Q + R_Q)MLSS}{R_Q}$$

9.處理廠流量與濃度已知，求總迴流污泥流量

$$R_Q = \frac{\frac{MLSS}{RAS} \times Q}{1 - \frac{MLSS}{RAS}}$$

10.利用MLSS與SVI值求總迴流污泥量。

$$R_Q = \frac{Q \times M}{\frac{4,000,000}{SVI} - M}$$

二、演算例

(1)可沈降性固體物（Setteable Matter）

取曝氣池之活性污泥置於具有刻劃之1000ml英霍夫錐筒（Imhoff Cone），1小時後讀沈降到錐底之污泥體積即得，記錄以每1000毫升沈降污泥之體積，單位爲ml／ℓ。

測試活性污泥可沈降性污泥量，可使操作人員快速粗略估計活性污泥流至終沈池沈降之固體物體積。

①活性污泥系統發生問題。

②返送污泥率不正確。

測試時注意要點爲：

①以隨機取樣取水樣大於 1000ml 。

②連續不停的將水樣傾倒至英霍夫錐筒至 1000ml 刻劃處。

③靜置至 45 分鐘時，利用手指拍打錐筒壁，使錐筒壁阻留之 固體顆粒沈積至錐筒底部。

④讀測可沈降固體物之體積時，須以平均高度表示。

(2)總懸浮固體物（ Total Suspended Matter ）

總懸浮固體物之試驗可供操作人員判斷：

①計算終沈池之固體負荷。

②計算返送污泥量。

③計算終沈池固體物去除效果。

④作爲活性污泥濃度之表示。

（例1 ）取曝氣池內水樣50ml ，經濾紙過濾後，測濾紙於 103 — 105 ℃烘乾冷却後增加之重量爲 0.2665g ，求其MLSS = ？

解：

$$SS = \frac{0.2665\ g \times 10^3\ mg / g}{50ml \div 1000ml / \ell} = 5330mg / \ell$$

$$MLSS = SS = 5330mg / \ell \text{（活性污泥濃度）}$$

(3)揮發性固體物（ Volatile Suspended Solid ）

分析曝氣池內活性污泥之VSS ，作爲表示活性污泥內微生物數量多寡之指標，以MLVSS 表示，操作人員經由分析MLSS 與MLVSS 之比例，可由較快速的分析MLSS 而達到活性污泥系統操作上之控制。

（例2 ）繼續例1 ，將過濾後之濾紙再送至550 ℃烘箱乾燥冷却後，稱增加之重量爲 0.0666g ，求MLVSS ，求MLVSS / MLSS = ？

解：

$$MLVSS = \frac{(0.2665 - 0.0666)\ g \times 10^3 mg / g}{50ml \div 1000ml / \ell}$$

$$\frac{MLVSS}{MLSS}=\frac{3998}{5330}=75\ \%$$

(4)表面溢流率（Surface Overflow Rate）

作爲計算沈澱池之水力負荷，以了解沈澱池對進流活性汚泥固體物沈降之效果。

（例3）已知流入終沈池之流量，Q爲3524CMD，沈澱池之內徑＝15.2公尺，求表面溢流率＝？

解：

$$\text{表面溢流率}=\frac{3524\,M^3/day}{\frac{2}{4}(15.2)^2M^2}$$

$$=19.4\ CMD/M^2$$

(5)固體負荷率（Solids Loading Rate）

沈澱池除了須要求其表面溢流率不超過標準值，同時也須要求固體負荷率合於標準，以使沈澱池發揮其沈降與聚密活性汚泥固體物之功能。

（例4）已知流至沈澱池之流量Q爲3524CMD，返送比＝1.20，活性汚泥濃度MLSS＝5330mg／ℓ，沈澱池內徑＝15.2公尺，求固體負荷率＝？

解：固體負荷率＝

$$\frac{3524\times(1+1.20)M^3/day\times5330mg/\ell\times10^{-3}kg/M^3/mg/\ell}{\frac{2}{4}(15.2)^2M^2}$$

$$=228\ kg/M^2\cdot day$$

(6)迴流汚泥量計算

爲了保持曝氣池內活性汚泥量MLVSS濃度（微生物濃度指標）一定，須不斷返送汚泥，使曝氣池活性汚泥得以有效分解有機物，以達到廢水處理之功能。

（例5）已知進流廢水流量Q＝3524CMD，進流廢水SS＝50mg／ℓ

返送汚泥濃度RAS RAS_{ss} ／＝9700mg／ℓ，曝氣池活性汚泥MLVSS＝4000mg／ℓ，MLVSS／MLSS＝0.75，求返送比＝？

解：

$$MLSS = \frac{MLVSS}{0.75} = 5333\ mg / \ell$$

$$\frac{(Q \cdot SS + QR \cdot 9700)}{Q + QR} = 5333$$

(7)曝氣池內活性汚泥量（MLVSS）計算

（例6）已知活性汚泥池MLSS＝5330 mg／ℓ

曝氣池尺寸＝4×10（L）×7.5（N）×11（D）M^3

MLSS／MLVSS＝0.75

求總MLVSS＝？

解：

$$MLVSS = MLSS \times 0.75 \times 4 \times 10 \times 7.5 \times 11 \times 10^{-3}$$

$$= 13,192\ kg$$

註：在整個系統之活性汚泥量一般只計入曝氣池內之活性汚泥量，終沈池之活性汚泥乃因

①不再供給有機物、氧量。

②整個活性汚泥系統發展即不將終沈池之汚泥計入。

③沈澱池之汚泥佔總汚泥量常不到10％，故計算總活性汚泥量時可以不計入沈澱池量。

(8)有機物去除效率計算

（例7）已知流至曝氣池有機物COD＝2600 mg／ℓ，BOD_5＝1100 mg／ℓ，沈澱池出流水COD＝260 mg／ℓ，BOD_5＝100 mg／ℓ

求有機物去除效率＝？

解：

$$COD去除效率 = \frac{2600 - 260}{2600} = 90\%$$

$$BOD_5\ 去除效率 = \frac{1100 - 100}{1100} = 91\%$$

$$Q_R / Q = \frac{5333 - 50}{9700 - 5333} = 1.21$$

註：①進流水SS一般可忽略不計

$$則 \frac{QR}{Q} = \frac{MLSS}{RAS_{ss} - MLSS} = 1.22$$

②返送比也可由SVI計算，假設SVI = 103ml / g

$$\Rightarrow RAS_{ss} = \frac{1}{SVI}$$

$$= \frac{1,000,000}{103}$$

$$= 9709\,mg / \ell$$

$$\frac{Q_R}{Q} = \frac{MLSS}{RAS_{ss} - MLSS}$$

$$= \frac{5333}{9709 - 5333}$$

$$= 1.22$$

(9)有機物負荷計算

有機物負荷需以食微比（Food to Microorganism Ratio，F/M）表示。操作控制可以COD或BOD_5表示進流有機物量（食物），而以MLVSS表示微生物量。

（例8）已知流入曝氣池之進流水流量Q = 3524 CMD，COD=2600 mg / ℓ，BOD_5 = 1100 mg / ℓ，曝氣池總MLVSS = 13,192 kg，求食微比F / M = ?

解：F / M =

$$\frac{3524 M^3 / day \times 2600\,mg / \ell \times 10^{-3}\,kg / M^3 / mg / \ell}{13,192\,kg}$$

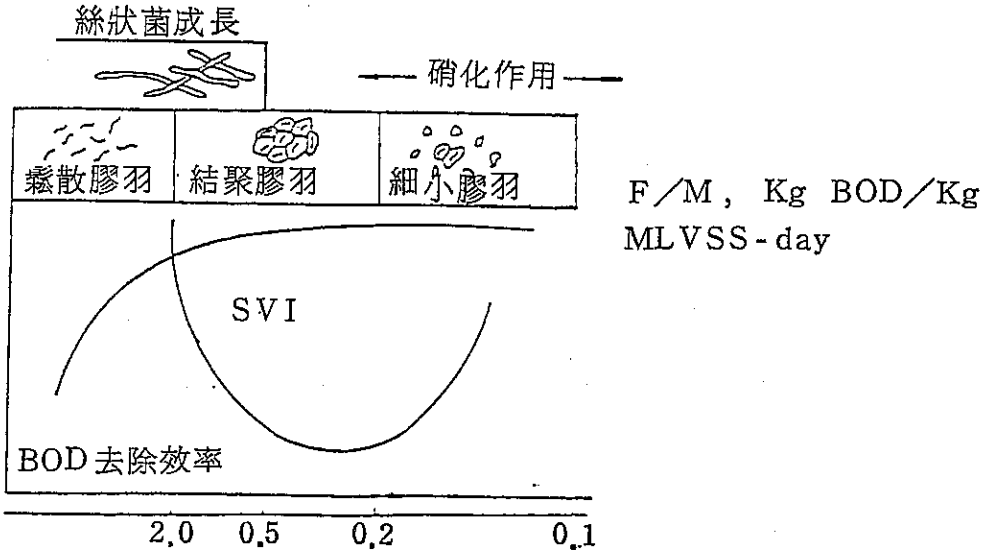
$$= 0.69\,kg \cdot COD / kg \cdot MLVSS \cdot day$$

或以BOD_5表示有機物濃度

$$\Rightarrow F / M = \frac{3524 \times 1100 \times 10^{-3}}{13,192}$$

$= 0.29\ kg \cdot BOD_5 / kg \cdot MLVSS \cdot day$

過高或過低皆會影響活性污泥膠羽之特性，如下圖所示。



圖附—1　F／M與活性污泥膠羽之特性

⑽控制曝氣池MLSS濃度以維持系統之F／M

（例9）已知MLVSS／MLSS = 0.75

曝氣池尺寸：4 × 10(L)× 7.5 (w) × 11(D)M^3

流入曝氣池流量Q = 3524（CMD）

廢水BOD_5 = 1100 mg／ℓ

若控制F／M = 0.29day^{-1}

求曝氣池之MLSS = ?

解：

$$F/M = \frac{TBOD_5}{TMLVSS} = \frac{TBOD_5}{TMLSS \times 0.75}$$

$$\Rightarrow TMLSS = \frac{TBOD_5}{F/M \times 0.75}$$

$$\Rightarrow TMLSS = \frac{1100\ mg/\ell \times 3524\ M^3/day \times 10^{-3}\ kg/M^3/mg/\ell}{0.29\ day^{-1} \times 0.75}$$

$= 17823\ kg$

$$\Rightarrow MLSS = \frac{17823\ kg}{4 \times 10 \times 7.5 \times 11 M^3} \times 13^3\ mg/\ell/kg/M^3$$

$$= 5400\ mg/\ell$$

⑾廢棄污泥量計算

（例10）已知曝氣池總污泥量TMLVSS = 13,192 kg，平均污泥停留時間（BSRT）= 6 天（ 夏天 ）或8 天（冬天）迴流污泥濃度RAS_{ss}= 9700 mg / ℓ ，求廢棄污泥量Q w = ? 若RAS_{ss} = 8,000 mg / ℓ 則Qw = ?（註 RAS vss = RASss × 0.75 ）

解：

$$① Qw = \frac{TMLVSS}{MCRT} \div (RASss \times 0.75)$$

$$= \frac{13,192}{6\ day} \div (9700\ mg/\ell \times 10^{-3} kg/M^3/mg/\ell \times 0.75)$$

$$= 302 M^3/day（夏天）$$

$$或 Qw = \frac{13,192}{8} \div (9700 \times 10^{-3} \times 0.75)$$

$$= 227\ M^3/day（冬天）$$

②若RASss = 8000 mg / ℓ

$$\Rightarrow Qw = \frac{13,192}{6} = (8000 \times 10^{-3} \times 0.75)$$

$$= 366 M^3/day（夏天）$$

$$或 Qw = \frac{13,192}{8} \div (\ 8000 \times 10^{-3} \times 0.75\ )$$

$$= 275 M^3 / day（冬天）$$

若廢棄汚泥泵浦之容量＝ $60 M^3 / hr$

則操作廢棄汚泥時距爲

①夏天： $302 M^3 / day \div 60 M^3 / hr$

$$= 5\ hr / day\ (\ RAS_{ss} = 9700\ mg / \ell\ )$$

冬天： $227 \div 60$

$$= 3.8\ hr / day\ (\ FAss = 9700\ mg / \ell\ )$$

或

②夏天： $366 \div 60$

$$= 6.1 hr / day\ (\ RASss = 8000\ mg / \ell\ )$$

冬天： $275 \div 60$

$$= 4.6 hr / day\ (\ RAS_{ss} = 8000 mg / \ell\ )$$

註：操作廢棄汚泥排放量，操作人員須注意實際曝氣池內之MLVSS 變化和控制 F / M。

⑿亞硝酸鹽氮（ $NO_2 - N$ ）數據之判斷

分析曝氣池內 $NO_2 - N$，可供操作人員判斷硝化作用（ Nitrification ）發生程度，$NO_2 - N$ 濃度高表示硝化作用不完成 ， 亦即可能表示需要高之耗氧量。

⒀硝酸鹽氮（ $NO_3 - N$ ）

曝氣池內之活性汚泥將氧化廢水中所含之氨氮（ $NH_3 - N$ ）成亞硝酸鹽氮，之後再繼續氧化成硝酸鹽氮。活性汚泥系統有長之平均汚泥停留時間（MCRT，如十天以上）和足夠之氧量，易使硝化作用發生。目前事業放流水硝酸鹽氮須控制在 100 mg / ℓ 以下，故操作人員須密切注意硝化作用之發生程度。

（例11 ）已知流入曝氣池廢水之 $BOD_5 = 1100\ mg / \ell$ ， $TKN = 135\ mg / \ell$ ， $T - P = 50\ mg / \ell$ ，求其 BOD_5 ＝ N：P 比例＝？

解：氮與磷爲組成活性汚泥微生物細胞之主要成份，一般控制BOD_5≒N：P＝100：5＝1，作爲操作人員判斷廢水中營養劑充分與否。

現BOD_5＝N：P＝1100：135：50

1100：12.3：4.5

可知廢水中N，P成份充足，且會有硝化作用發生。

⑭總凱氏氮（Total Kjeldahl Nitrogen，TKN）

總凱氏氮爲氨氮（NH_3-N）和有機氮（Organic－N）之和，大部份之廢水氮含量主要爲總凱氏氮，由總凱氏氮之濃度，操作人員可以判斷：

①處理系統發生硝化作用現象。

②估計營養劑氮之含量足夠與否。

③活性汚泥發生硝化作用之耗氧量。

（例12）已知廢水流量Q＝3524 CMD，

TKN＝135 mg／ℓ，BSRT＝6天，

TKN／MLVSS＝0.123，曝氣池總MLVSS＝13,192 kg求硝化作用需氧量＝？

解：

$$\text{每天汚泥產量}\triangle\text{MLVSS}=\frac{13,192\ \text{kg}}{6\ \text{day}}=2200\ \text{kg/day}$$

$$\text{組成微生物細胞消耗之氮量}=\triangle\text{MLVSS}\times 0.123$$
$$=2200\ \text{kg/day}\times 0.123$$
$$=271\ \text{kg/day}$$

產生硝化作用之總氮量

$=135\ \text{mg}/\ell\times 3524\ \text{M}^3/\text{day}\times 10^{-3}\ \text{kg/M}^3/\text{mg}/\ell-271\ \text{kg/day}=205\ \text{kg/day}$

假設每kg之總凱氏氮發生硝化作用耗氧量＝4.6 kg

則硝化作用需氧量＝$205\times 4.6=943\ \text{kg}\ O_2$／day

⑮氨氮（Ammonia Nitrogen，NH_3-N）

活性污泥系統將利用氨氮作爲微生物細胞組成成份，同時過多的氨氮將由於自營菌、亞硝酸菌和硝酸菌在有氧等情況下，形成硝化作用。

⑯總磷（Total Phosphorus，T－P）

組成活性污泥微生物細胞之成份除了碳、氫、氧、氮外，磷爲另一主要成份，故操作人員須注意氮與磷等營養劑之平衡。

⑰泥氈深度之量測（Sludge Blanket Measurement）

量測終沈池泥氈深度，作爲核算終沈池污泥體積增減程度，一般泥氈深度增加，可能之原因有：

①自活性污泥曝氣池出流之污泥濃度增加。

②返送污泥量與廢棄污泥量之和較進流量小。

③污泥沈降性差。

若爲第①、②項原因，可利用測試進流水流量與SS和返送與廢棄污泥流量與SS以改善，若爲第③項原因，則可利用30分鐘沈降試驗、SVI值變化和顯微鏡觀察生物相以了解污泥沈降性，作爲改善依據。

由於泥氈深度不斷的增加，將使污泥自終沈池溢出，影響放流水水質，故操作人員須每日進行一次泥氈深度之量測，其方法可採用可移動封蓋之取樣器，沈降至欲取樣之深度再拉開封蓋以取水樣。進行測試泥氈深度時應注意以下幾點：

①取樣點應定在安全且容易進行取樣之終沈池邊。

②取樣時應緩慢的將取樣器沈降至欲取樣的深度。

③每次取樣應保持一致。

附錄二　專有名詞

吸收（Absorption）：如海棉吸水，被吸收物質可被細胞所利用。

吸附（Adsorption）：附着於物體表面是爲吸附。如微細有機物被吸附於細胞壁表面。

需空氣量（Air Required）：處理系統需供給足夠空氣量，通常維持曝氣槽溶氧濃度於0.5－1.0 ppm。

同化（Assimilate）：同化作用就如人吃進食物之消化作用。

膨化污泥（Bulking Sludge）：較同重量正常污泥所佔體積爲大，不易沈降致常隨放流水溢流排出其主要原因爲處理系統水力或有機負荷突變所致。

膠體粒子（Colloidal）：廢水中不沈降之微細顆粒。

轉換（Conversion）：物質型態改變，如進流有機物轉變爲形成細胞所需的細胞質或二氧化碳等。

減衰增殖期（Declining Growth）：當微生物之食物（或營養源）受限制時之增殖期。

停留時間（Detention Time）：用以表示進流水流經曝氣槽之時間，通常以小時表示。

內呼吸期（Endogenous）：由於缺乏營養源，而微生物以消耗體內養分，續行代謝，終至死亡。

酵素（Enzyme）：一種可以改變活細胞化學反應速率而本體在反應結束後並不改變的有機催化劑。

絲狀菌（Filaments）：成絲狀生長之有機體。

膠羽（Floc）：污泥與微小顆粒結合在一起而形成較大顆粒，使易於沈降。

食微比（F／M Ratio）：食微比爲進流ＢＯＤ公斤數與處理系統微生物量（以ＳＳ表示）之比值，爲一用以控制維持處理系統平衡之指標。其控制適當與否會影響污泥品質、ＢＯＤ去除率、細胞生長與氧需要量。

對數生長期（Log Growth）：由於營養源充足生物之繁殖率達最大之增

殖狀況。

水解（Lysing）：生物體釋出有機物質而分解。

微生物（Microorganisms）：需藉顯微鏡始能觀測之微小有機物。

混合液（Mixed Liquor）：進流廢水與迴流活性污泥之混合液。

有機物質（Organic Matter）：以碳化合物爲主之可分解有機物，爲維持微生物生長之主要食物。

氧化（Oxidation）：爲代謝作用之一部份，與氧作用生成新的物質。

顆粒（Particulate）：自由的懸浮固體。

呼吸作用（Respiration）：產生能量的過程之一，有機體在此過程中獲得氧而分解成能量與二氧化碳。

污泥齡（Sludge Age or Biological Solid Retenfion Time）：用以表示微生物在處理系統之停留時間（或稱污泥停留時間），並用以決定排棄污泥量與判斷污泥沈降性。

排棄污泥（Sludge Wasting）：從系統中排棄一定量污泥，用以調節適當MLSS值，進而控制F／M比與污泥齡。

迴流污泥（Sludge Return）：以使處理系統維持足夠之微生物量以分解穩定進流有機物，通常以進流水百分比表示。迴流率會影響最終沈澱池固體物量。

固體物負荷（Solids Level）：固體物負荷可以曝氣槽MLSS量或曝氣槽與最終沈澱池二者固體物量和表示之。最終沈澱池固體量爲最終沈澱池體積與進流MLSS濃度之積。

溶解性（Soluble）：指能溶解於溶液之物質。

穩定：（Stabilize）：指不再有任何改變，如穩定有機物則不再行代謝作用，消耗水中溶氧。

懸浮固體（Suspended Solids）：可爲濾紙過濾懸浮於水中之固體物。

合成（Synthesis）：將有機物轉換爲細胞質生成新細胞之過程是爲合成。

符　號

BOD（Biochemical Oxygen Demand，生化需氧量）：用以測定廢水

中有機物含量以微生物藉氧化作用消耗水中溶氧量表示之。

DO（Dissolved Oxygen，溶氧）：用以表示水中溶解氧含量，以 mg／ℓ表之。

SS（Suspended Solids ，懸浮固體）：可爲濾紙過濾懸浮於水中之固體物。

F（Food，食物）：食微比中之食物以BOD公斤數表示。

M（Microorganisms，微生物）：混合液之SS，同時亦是食微比中微生物。

F／M（F／M Ratio食微比）：處理系統中食物與微生物比值，爲活性污泥法操作控制之一指標。

ML（Mixed Liquor，混合液）：進流廢水與迴流活性污泥之混合液。

MLSS（Mixed Liquor Suspended Solids ，混合懸浮液）：用以表示曝氣槽微生物量。

BSRT(Bidogical Solid Retention time污泥停留時間）：微生物在處理系統之平均停留時間，以日數表示。

SVI（Sluge Volume Index ，污泥容積指數）：污泥沈降性之一指標。

SV（Sludge Volume ，污泥容積）：爲一沈降試驗，用2公升沈降計以測定污泥單位時間之沈降率，並以沈降時間之相對沈降百分比表示。如五分鐘沈降百分之八十或二十分鐘沈降百分之三十。

RR（Respiration Rate，呼吸率）：每公斤MLSS 每單位時間所消耗氧量，以kgO_2／kgMLSS、hr表示。

mg／ℓ（Milligrams Per Liter，毫克／升）：濃度表示單位。

參考文獻

1. 日本下水道協會，下水道維持管理指針（1979年版）
2. 藤井秀夫，處理場的維持管理（上），山海堂，1982年出版。
3. 台灣省水污染防治所譯印，活性污泥法操作手册，七十一年十二月。
4. 歐陽嶠暉，廢水處理廠操作管理㈠及㈡－活性污泥法，工業污染防治第五期及第六期，經濟部工業污染防治技術輔導小組，七十二年元月及七十二年四月。
5. 中鼎工程顧問公司，中化高雄廠廢水處理場操作維護人員訓練班講義。
6. 國立中興大學環境工程系，活性污泥系統之操作及控制，七十一年元月。
7. 歐陽嶠暉，下水道工程學，長松出版社出版。
8. 歐陽嶠暉，活性污泥法操作管理講義，台灣省水污染防治所，七十年。