

### 3.5 延長曝氣法

本方式適用於日平均污水量大於50立方公尺之建築物污水處理。

#### 3.5.1 處理組合

延長曝氣法為以下述各單元適當組合之處理方式：

攔污柵、沉砂池、流量調整槽、曝氣槽、沉澱槽、消毒槽、放流槽、污泥濃縮貯留槽、污泥濃縮槽及污泥貯留槽。

#### 3.5.2 延長曝氣法處理規模分類

延長曝氣法依污水流量規模可有兩種處理規模，其中第一種為適用處理污水量每天50至250立方公尺者；第二種為適用處理污水量每天大於250立方公尺者。

#### 3.5.3 延長曝氣法第一種規模處理組合

處理污水量每天50至250立方公尺之處理規模組合單元包括：

攔污柵設施、流量調整槽、曝氣槽、沉澱槽、消毒槽、放流槽及污泥濃縮貯留槽。

說明：

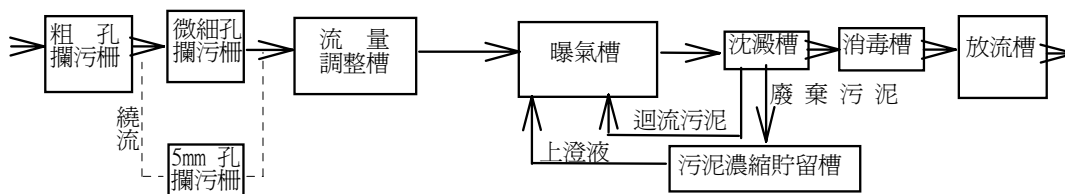


圖 3-26 延長曝氣法第一種規模處理流程圖

#### 3.5.4 延長曝氣法第二種規模處理組合

污水流量大於每天251立方公尺之處理規模組合單元包括：

粗孔攔污柵、微細孔攔污柵、5mm孔攔污柵、流量調整槽、曝氣槽、沉澱槽、消毒槽、放流槽、污泥濃縮槽及污泥貯留槽(如下圖)。

說明：(其中，攔污柵部分得經過A或B之流程。)

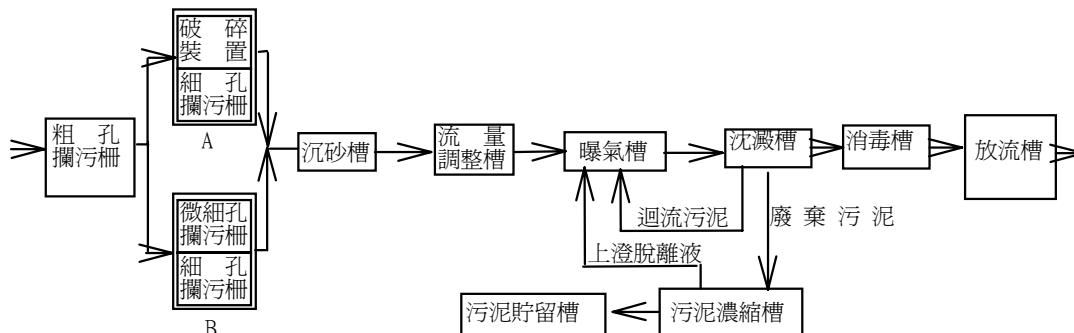


圖 3-27 延長曝氣法第二種規模處理流程圖

### 3.5.5 攔污柵

適用於第一種處理規模攔污柵，其構造與機能依生物旋轉圓盤法之3.3.7規定。若為適用於第二種處理規模者，得視需要於粗孔攔污柵後另銜接破碎裝置處理後再經細孔攔污柵；或另銜接細孔攔污柵處理後再經微細孔攔污柵。

說明：

1. 延長曝氣法中，由於係在較長水力停留時間下，使污泥得以行內呼吸作用而自行分解，以產生較低污泥量，故流入生物處理槽之懸浮固體(SS)粒徑不宜太大，故應更加強攔污柵之功能，且不得採初沉槽之方式。
2. 攔污柵應具能將附著污物移除之裝置
3. 粗孔攔污柵為柵寬50mm左右  
細孔攔污柵為柵寬5mm左右  
微細孔攔污柵為柵寬1~2.5mm左右
4. 破碎機應為得以將污水中之大型顆粒碾碎之裝置，其目的在減輕細孔攔污柵之污物量，一般設置於粗孔攔污柵之後。

### 3.5.6 構造與機能

延長曝氣法之各處理組合單元除攔污柵及延長曝氣槽外，其餘各單元之構造與機能分別依生物旋轉圓盤法3.3.8、3.3.9及3.3.14至3.3.18各項中之規定。

### 3.5.7 延長曝氣法類別區分

曝氣槽依處理功能區分為二種，如表 3-10 所示。

表 3-10 延長曝氣法類別區分表

類 型	BOD去除率(%)	處理後放流水—BOD濃度(mg/l)
甲	85	≤ 30
乙	75	≤ 50

說明：

1. 曝氣槽為於喜氣生物處理槽中，維持較長時間之污泥齡即較長之水力停留時間，於分解有機污染物之同時並減少殘存之污泥量。其依據設計參數之不同，得以有不同之生化需氧量(BOD)處理功能。
2. 曝氣槽依處理功能區分為以下二種：
  - (1) 甲類型為在所設定之污水處理量及BOD濃度負荷下可獲致BOD去除率85%以上，且處理後BOD放流濃度低於30mg/L者。

(2) 乙類型為在所設定之污水處理量及BOD濃度負荷下可獲致BOD去除率75%以上，且處理後BOD放流濃度低於50mg/L者。

### 3.5.8 曝氣槽之設計參數

各類型之延長曝氣槽之設計參數，規定如表 3-11 所示：

表 3-11 曝氣槽之設計參數表

類型	有效容量/日平均污水量	BOD容積負荷量 (kg/m <sup>3</sup> ·d)
甲	> 2/3	0.2
乙	> 1/2	0.25

說明：

1. 各類型之延長曝氣槽之設計參數，規定如下：

- (1) 甲類型之延長曝氣槽，其有效容量至少應為日平均污水量之三分之二以上，且其BOD容積負荷應為每立方公尺槽體積每日承受BOD負荷在0.2公斤以下。
- (2) 乙類型之延長曝氣槽，其有效容量至少應為日平均污水量之二分之一以上，且其BOD容積負荷應為每立方公尺槽體積每日承受BOD負荷在0.25公斤以下。

2. 有效容量

甲類型及乙類型之延長曝氣槽曝氣槽之有效容量分別已規定BOD容積負荷必應在0.2kg/m<sup>3</sup>·日及0.25kg/m<sup>3</sup>·日以下，而且必應可容納日平均污水量之2/3以上之容量，利用以下計算範例說明之。

(1) [BOD容積負荷之計算範例]

設計處理人數為1,000人，利用以下之條件計算之。

污水之BOD濃度：160[mg/L]=160[g/m<sup>3</sup>]

污水之人口當量：250[L/人·日]=0.25[m<sup>3</sup>/人·日]

BOD之人口當量：160[g/m<sup>3</sup>] × 0.25[m<sup>3</sup>/人·日]  
=40[g/人·日]

設計之BOD量：40[g/人·日] × 1,000[人]  
=40,000[g/日]=40[kg/日]

若曝氣槽之有效容量設為Xm<sup>3</sup>，

又因BOD容積負荷定在0.2kg/m<sup>3</sup>·日以下，

$$\therefore 0.2\text{kg/m}^3 \cdot \text{d} \geq \frac{40[\text{kg/d}]}{X[\text{m}^3]}$$

$$\therefore X[m^3] \geq \frac{40[kg/d]}{0.2[kg/m^3 \cdot d]} = 200m^3$$

因此，由BOD容積負荷可推算出，曝氣槽之有效容量應為200m<sup>3</sup>以上。

- (2) 其次，由日平均污水量之2/3以上容量計算曝氣槽之有效容量。

[日平均污水量之2/3程度以上容量之計算範例]  
設計條件與BOD容積負荷之情形(上述之例)相同。  
設計日平均污水量[m<sup>3</sup>/日]

$$\begin{aligned} &= \text{處理對象人數(人)} \times \text{污水之人口當量}(m^3/\text{人} \cdot \text{日}) \\ &= 1,000(\text{人}) \times 0.25[m^3/\text{人} \cdot \text{日}] \\ &= 250[m^3/\text{日}] \end{aligned}$$

若設曝氣槽之有效容量為Xm<sup>3</sup>，

又因應可容納日平均污水量之2/3以上之容量；所以，

$$\begin{aligned} X[m^3] &\geq 250[m^3/\text{日}] \times 2/3 \text{日} \\ X[m^3] &\geq 166.6[m^3] \end{aligned}$$

即由日平均污水量求得曝氣槽之有效容量亦為166.6m<sup>3</sup>以上。

隨著建築物種類不同，所求得之有效容量必有所差異。此時，設計槽體容量應採用計算容量較大者(200m<sup>3</sup>)。

### 3. 食微比：

- (1) 甲類型中至少應控制食微比(F/M)在0.1kgBOD/kgMLSS. 日以下。
- (2) 乙類型中至少應控制食微比(F/M)在0.15kgBOD/kgMLSS. 日以下。

#### 3.5.9 延長曝氣槽之構造與機能

延長曝氣槽之構造與機能規定如下：

- (1) 槽之有效容量之計算依3.5.8之規定。
- (2) 槽之有效水深應為1.5至5.0公尺。
- (3) 槽內必應具有連續曝氣供給氧氣以及消泡之裝置。
- (4) 自沉澱槽迴流污泥至少可達200%以上之污泥迴流能力。

說明：

1. 各類型之延長曝氣槽之設計參數，規定如下：

甲類型之延長曝氣槽，其有效容量至少應為日平均污水量之三分之二以上，且其BOD容積負荷應為每立方公尺槽體積每日承受BOD負荷在0.2公斤以下。

## 2. 有效水深

處理對象人數為500人以下時，有效水深應為1.5m~5.0m。若處理對象人數為501人以上時，則有效水深應為2.0m~5.0m。此外，水面至槽頂之間一般應留有50cm之空間。即使水淺時，至少亦應留有30~40cm之空間。

## 3. 曝氣強度應為每立方公尺槽體積每小時至少可供應1~2m<sup>3</sup>空氣之範圍，曝氣量約為日平均污水量之24~26倍左右，且得以保持槽內溶氧量至少應達1mg/L以上。

(1) 散氣裝置依下列因素，所形成之構造亦不同(參閱圖 3-28 )

- (a) 材質
- (b) 空氣噴出部之構造
- (c) 氣泡之大小
- (d) 裝設之位置

散氣裝置大致上區分為：

- (a) 多孔性(微細氣泡性)散氣裝置；
- (b) 非多孔性(大氣泡性)散氣裝置；
- (c) 衝突或噴射式散氣裝置；

散氣裝置於選定時，應注意不易塞孔或於散氣部有如污水中之雜物堵塞或纏繞。

(2) 機械攪拌裝置在判斷適切與否時，應注意下列各點：

- (a) 即使長時間連續運轉，亦不易發生故障之堅牢機構。
- (b) 機械音及水波音等應符合環境之音量基準。
- (c) 保養檢查容易。
- (d) 槽內之混合液之浮游物質濃度能均一，能供給充分之氧氣，促成活性污泥呼吸。

(3) 為了檢討曝氣槽中之DO是有保有1.0ppm以上，比較「活性污泥在呼吸時所需要之氧氣量」及「槽內曝氣能力(氧氣供給能力)」之平衡是必要的。亦即，

氧氣供給能力 $\geq$ 氧氣需求量

之關係成立與否，以判定曝氣裝置之能力。



(A)曝氣槽之氧氣需求量之求法，乃由實測或推定計算出曝氣槽內之氧氣利用速度。然而，氧氣供給能力則可由送氣量計算或由曝氣槽之總氧氣移動容量係數之測定後求得。

[氧氣需求量之推定計算例]

曝氣槽所要求氧氣量，可由下式表示：

$$O_2 = aLr + bSa$$

此時， $O_2$ ：氧氣需求量(kg/日)

a：BOD去除關係係數(kg-O<sub>2</sub>/kg-BOD)

Lr：去除BOD量(kg/日)

b：MLVSS(曝氣槽混合液中有機性污泥)之氧氣需求量之關係速度係數(kg-O<sub>2</sub>/kg-MLVSS·日)

Sa：MLVSS(kg)

設計處理人數為1,000人，利用以下之條件計算。

$$\begin{aligned} \text{設計BOD量} &= 40(\text{g/人} \cdot \text{日}) \times 1,000(\text{人}) \\ &= 40,000(\text{g/日}) = 40(\text{kg/日}) \end{aligned}$$

$$\therefore \text{曝氣槽容量} \geq \frac{40[\text{kg/d}]}{0.2[\text{kg/m}^3 \cdot \text{d}]} = 200[\text{m}^3]$$

$$\begin{aligned} \text{設計MLVSS濃度} &= 0.75 \times \text{最大MLSS} \\ &= 0.75 \times 6,000(\text{g/m}^3) \\ &= 4,500(\text{g/m}^3) = 4.5(\text{kg/m}^3) \end{aligned}$$

曝氣槽內MLVSS(kg)

$$\begin{aligned} &= \text{曝氣槽容量}(\text{m}^3) \times \text{設計MLVSS濃度}(\text{kg/m}^3) \\ &= 200(\text{m}^3) \times 4.5(\text{kg/m}^3) \doteq 900(\text{kg}) \end{aligned}$$

BOD去除率=70(%)

設 $a=0.5(\text{kg-O}_2/\text{kg-BOD})$

$b=0.07(\text{kg-O}_2/\text{kg-MLVSS} \cdot \text{日})$ ，則

$$\begin{aligned} \text{氧氣需求量 } O_2 &= aLr + bSa = 0.5 \times 40 \times 0.7 + 0.07 \times 900 \\ &= 14 + 63 = 77(\text{kg/d}) \end{aligned}$$

(B) 氧氣供給能力可利用曝氣裝置上氧氣利用率或是給氧氣移動容量係數表示。

$$\text{氧氣利用率}(\%) = \frac{\text{利用氧氣量}}{\text{供給氧氣量}} \times 100\%$$

因為於標準狀態下，定量空氣中所含氧氣量為  $0.277\text{kg-O}_2/\text{m}^3$ ，所以

$$\frac{77(\text{kg}/\text{日})}{0.277(\text{kg-O}_2/\text{m}^3)} = 278(\text{m}^3/\text{日})$$

即需要溶解  $278\text{m}^3/\text{日}$  之空氣量。

總氧氣移動容量係數  $K_{La}$  (1/時)，乃指曝氣槽中氧氣之利用速度與槽內 DO 不足量 (飽和 DO 濃度及曝氣液 DO 濃度之差值) 之比。可由下式表示：

$$K_{La} = \frac{R_L}{C_s - C_L}$$

此時， $R_L$ ：氧氣利用速度 ( $\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{小時}$ )

$C_s$ ：飽和 DO 濃度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_L$ ：曝氣槽內 DO 濃度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

[ 氧氣供給能力之計算範例 ]

(a) 由送氣量計算，

散氣式曝氣槽時，曝氣水深為  $3.0 \sim 4.0\text{m}$  左右。無堵塞型散氣孔之氧氣利用率，曝氣水深  $3.0\text{m}$  時為  $4.0 \sim 5.5\%$ ， $4.0\text{m}$  時為  $5.5 \sim 7.0\%$  左右。

此處設曝氣水深為  $3.5\text{m}$ ，氧氣利用率 (溶解效率) 為  $5.0\%$ ，換算空氣利用量  $278\text{m}^3/\text{日}$ ，則氧氣供給能力為

$$\text{氧氣供給能力} \geq \frac{278}{0.05} = 5,560(\text{m}^3/\text{日})$$

相當於日平均污水量  $200\text{m}^3/\text{日}$  之  $27.8$  倍，若為長時間曝氣法而欲去除  $1\text{kg}$  之 BOD 時，所需空氣供給量為  $140 \sim 160\text{m}^3/\text{kg-BOD}$  或是日平均污水量之  $18 \sim 24$  倍之空氣供給量即可。

曝氣水深愈淺，氧氣利用率則愈小，相對地空氣供給量則必應增加。



(b) 求得總氧氣移動容量係數之方法

利用上例所求得之氧氣需求量77.0kg/日，計算 $K_{La}$ 值。

曝氣槽有效容量 = 200 (m<sup>3</sup>)

必要氧氣量 = 77.0 (kg/日)

= 77,000 (g/日) ÷ 3,208 (g/時)

曝氣槽每1m<sup>3</sup>中所需要之氧氣量

$$R_r = \frac{3,208(\text{g/時})}{200(\text{m}^3)} \cong 16.04(\text{g/m}^3 \cdot \text{時})$$

常溫時之飽和DO濃度 $C_s = 8$  (g/m<sup>3</sup>)

曝氣槽中應保持之DO濃度 $C_L \geq 1$  (g/m<sup>3</sup>)，所以

$$K_{La} = \frac{R_r(\text{g/m}^3 \cdot \text{時})}{(C_s - C_L)(\text{g/m}^3)} = \frac{16.04}{8-1} = 2.3(\text{1/時}) \text{以上}$$

亦即，槽之有效容量200m<sup>3</sup>，1日中實際利用氧氣77.0kg，且為了保持槽內DO濃度在1ppm(g/m<sup>3</sup>)以上，曝氣裝置之 $K_{La}$ 值必應在2.3(1/時)以上。

#### 4. 計量裝置

由沉澱槽迴流至曝氣槽之污泥量，可調整曝氣槽內之MLSS量。當然迴流污泥以不影響槽內污水之淨化效率為原則。因此，迴流污泥之量以考慮：

(1) 流入生污水之水質；

(2) 槽內活性污泥之性質，再作調整。

為了測定迴流污泥量，通常設置備有三角堰或四角堰之計量裝置，通常這些堰上表示有清水之流量特性曲線。當然，運轉前應再次核驗此曲線。

為了求得適量之迴流污泥，除了了解處理水之水質外，迴流污泥之活性狀態亦必應測定之，其中之一的測定方法為污泥容積指標(SludgeVolumeIndex; SVI)。

$$SVI = \frac{30\text{分鐘靜置後之污泥所佔有之容量}(ml)}{\text{混合液中懸浮固體物之重量}(g)} = \frac{P_v}{P_w}$$

而迴流污泥量可由下式求得，

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

$$C_R = \frac{(1+r) \cdot C_A - C_P}{r}$$

$$r = \frac{C_A - C_P}{C_R - C_A}$$

此時， $r$ ：迴流比(%)

$C_A$ ：MLSS濃度(ppm)

$C_P$ ：流入污水中之懸浮固體物濃度(mg/l)

$C_R$ ：迴流污泥中之懸浮固體物濃度(mg/l)

但是 $C_P$ 通常為200~300mg/l與 $C_R$ 濃度(10,000ppm左右)比較下，太小而可被忽略。所以，依此式求得迴流污泥之迴流比與SVI及混合液懸浮固體濃度之關係(參見圖 3-29)。

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

$$\therefore C_R \leq \frac{SVI}{10^6}$$

$$\therefore C_A \leq \frac{10^6}{SVI} \times \frac{r}{1+r}$$

## 5. 消泡裝置

將污水曝氣時所產生之氣泡，乃隨槽內混合液之SS濃度愈少，曝氣量之增大或氣溫與水溫之差異大而增大。產生之氣泡嚴重時會達到1.0m之厚度。為了抑制氣泡產生之方法乃將槽內混合液之SS濃度增大(特別指SS低於1,500mg/l以下之曝氣槽)。一般更簡便之方法，乃於曝氣槽之散氣管位置之相反側水面之上方設置噴射式噴嘴，以處理水作為消泡水噴射以達消泡作用。至於其取水位置則應考慮幫浦之吸入口及噴嘴處之堵塞問題。

一般，噴嘴之噴射口所要求壓力為1.5kg/cm<sup>2</sup>以上。若為長方形或正方形之曝氣槽時，每隔1.0~1.5m應設一個噴嘴。此外，每個噴嘴之噴出量，標準為5~10L/分，水量則可由

閘門控制。

消泡用幫浦，多採用：

(a) 水中幫浦。

- (b) 橫型多段渦輪幫浦。
- (c) 渦卷式幫浦。

若常用消泡水噴灑時，對流入污水而言，水量相當大，而造成曝氣槽、沉澱槽之滯留時間會減短。因此消泡可用定時器或手動的方式，以採用間歇方式運轉是必要的。

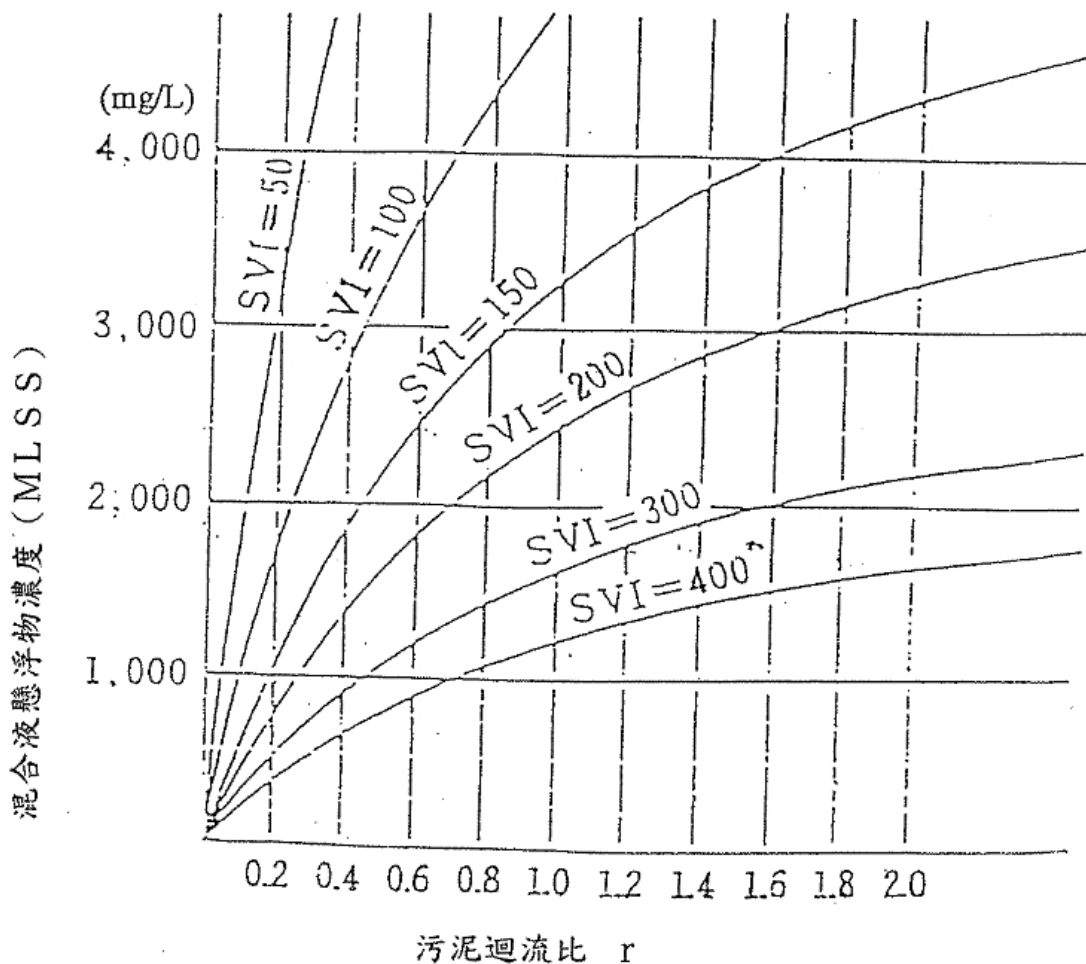


圖 3-29 污泥迴流比與 SVI 及混合液懸浮固體濃度之關係

### 3.5.10 延長曝氣槽之沉澱槽

- (1) 槽之有效容量應為日平均污水量之1/6以上，且最小不得小於三立方公尺。
- (2) 槽之有效水深(H)應大於2.0公尺。
- (3) 沉澱槽之水面積負荷(以S表示)，即對沉澱槽表面積而言，每平方公尺每日溢流水量不大於8立方公尺(即 $S \leq 8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ )
- (4) S值若每天處理水量超過100立方公尺時，其超過部分應另以 $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 核算。
- (5) 出口前端應設置溢流堰，其溢流負荷(以L表示)，即對該溢流堰而言，每公尺每日溢流水量不大於30立方公尺( $L \leq 30 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{日}$ )；若每天處理水量超過100立方公尺時，其超過部分應另以 $50 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{日}$ 計算。
- (6) 沉澱槽上方液面應設有浮渣刮除或其它收集、移除之裝置。
- (7) 沉澱槽應設置抽除管，其下方開口應位於污泥濃縮收集漏斗之中央，並應設置適當抽除能力之污泥幫浦。
- (8) 應設有將沉澱污泥迴流至曝氣槽之裝置，迴流能力應可達日平均污水量之200%以上者。