

二次沉澱池之設計

高信福*

一、前　　言

活性汚泥系統中之二沉池須具有澄清及濃縮之雙重功用，一方面將來自曝氣池之懸浮性混合液 (MLSS) 沉澱以產生清徹之放流水，另一方面得將沉澱之污泥加以濃縮俾減少抽取廻流及廢棄污泥之成本。因此，二次沉澱池之設計與初沉池之設計不一樣，除考慮表面溢流率外，尚須再考慮——固體負荷率。活性汚泥系統操作上之故障大部份均為二次沉澱池設計及操作不良而引起，然一般設計工程師大都專注於曝氣池之功能設計而忽視二沉池之功能設計，本人有鑑於此，故特整理有關二沉池設計之理論撰文介紹。

二、沉澱之基本理論與設計原理

沉澱 (Sedimentation) 係以去除廢水中之懸浮性固體，由於懸浮性固體存在的性質不同，沉澱可分為四類：即單獨沉澱 (discrete settling)、混凝沉澱 (flocculant settling)、層沉澱 (Zone settling) 以及壓密沉澱 (Compression settling) 等四種。前兩項係分別屬於獨立性顆粒及具有凝聚性 (agglomerate) 之顆粒形成膠羽而沉降。而層沉澱是由於在某種懸浮性固體濃度 (一般約2,000~4,000mg/l)。由於顆粒間之互相排斥力作用而妨礙與鄰近顆粒之沉降，因而形成——沉澱層，上端並有一明顯之上澄液與固體之分界線；而壓密性沉澱係因上端上澄液及層沉澱固體物之重力壓縮而形成。活性汚泥處理系統之二次沉澱池所需要達到之澄清與濃縮作用，即係利用層沉澱及壓密沉澱之原理。

沉澱池所需面積為設計能達到澄清與濃縮效果之方法，一般常用者有二種，即(1)經由沉降試驗誘導與(2)固體物流通量等二種方式，茲簡略描述如下：

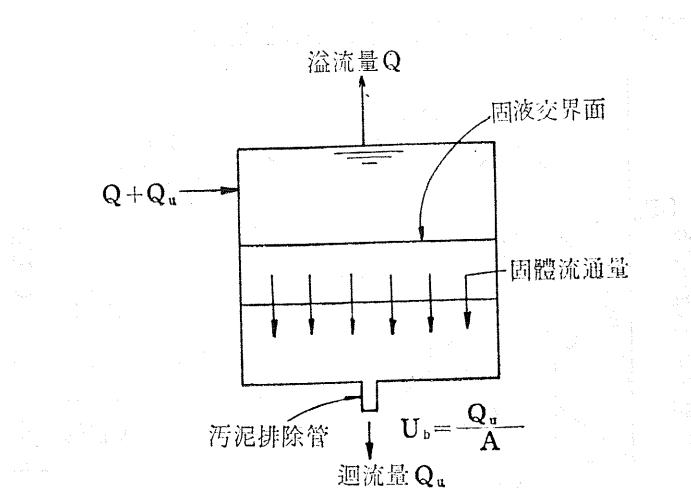
(1)經由沉降試驗誘導方式求沉澱池所需面積方法：沉澱池最終溢流率之設計須考慮①澄清所需之面積，②濃縮所需之面積及③污泥之抽送率。除非經活性汚泥處理水中含有輕浮或膠羽狀之顆粒；否則濃縮所需之面積通常較澄清所需面積為大。如以圓桶之高度 H_0 及最初之懸浮性固體物濃度 C_0 以及達到所需污泥濃度之時間 t_u ，則可求得所需沉澱池之面積

$$A = \frac{Qt_u}{H_0}$$

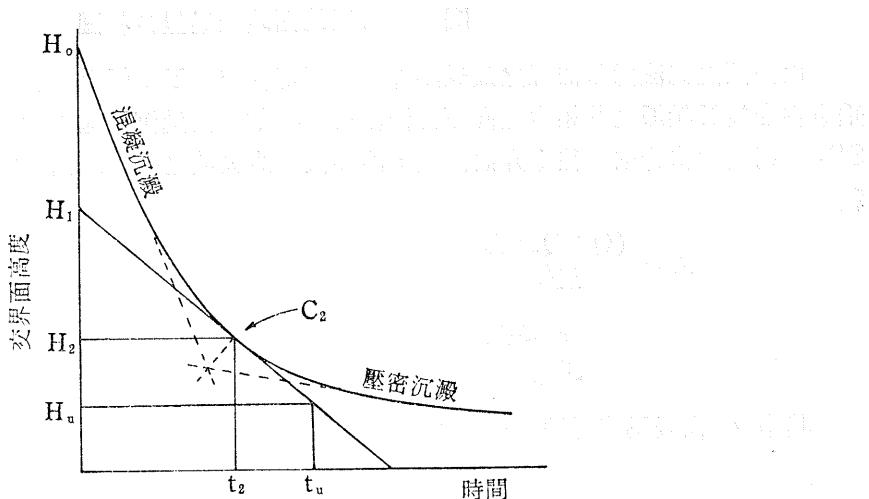
至於 t_u 之求法可如下圖由沉降試驗曲線上延長混凝沉澱與壓密沉澱曲線相交，再作——角平分線與原曲線之交點 C (亦即為臨界濃度)。經過 C 點之切線與欲達到濃縮污泥濃度 (H_u) 之水平線交點即為 t_u 。

(2)基於固體物流通量求沉澱池所需面積之方法：吾人可由下圖(圖二)來解釋固體物流通量 (Solid

*中興工程顧問社環境工程部工程師



圖一 沉澱交界面之幾何分析圖



圖二 沉澱池於穩定狀態之操作解說圖

Flux) 之定義。其向下總流通量可視為因重力沉降及底部排除與迴流污泥流通量之總和，亦即

$$\begin{aligned} SE_e &= SF_g + SF_u \\ &= (C_1 V_1 + C_1 U_b) \end{aligned}$$

其中 SF_t : 總流通量

SF_g : 因重力沉降產生之流通量

SF_u : 沉澱池底部排除與迴流污泥之流通量

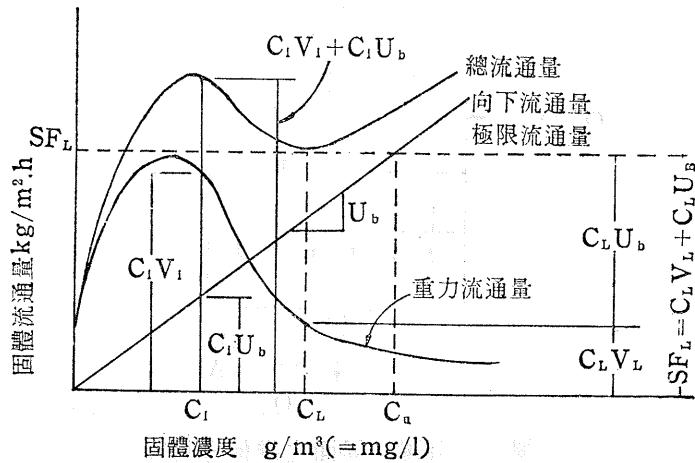
C_1 : 排入沉澱池之固體物濃度

V_1 : 於懸浮性固體物濃度 C_1 時之沉降速度

U_b : 因沉澱池底部排除與迴流污泥之向下速度

上式可以如下圖（圖三）來表示，由於增加或減少向下之流通量將引起總流通量之向上或下

移。因為可以控制向下之流通量，故其可作為操作上之控制。



圖三 沉澱池固體流通量分析圖

由上圖之總流通量曲線之最低點作一水平切線交於Y軸即為極限流通量 SF_L ，而於該點作垂直線交於X軸即為其相當之向下污泥濃度。如果流進沉澱池之總固體量超過極限固體流通量 SF_L ，則其固體物則會往上升而流失，即為沉澱池失敗之基本理論。由此可決定濃縮污泥所需面積

$$A = \frac{(Q+Q_u)C_0}{SF_L}$$

$$= \frac{(1+\alpha)QC_0}{SF_L}$$

其中 α 代表迴流污泥率 (Q_u/Q)

三、影響沉澱池效果之因素

在大部份活性污泥處理法之 BOD 去除效果是否良好，均由沉澱池之出水 SS 濃度來決定，亦即能儘量降低沉澱池之 SS 濃度即可提高 BOD 之去除效果。又一般採用之沉澱池均屬圓形，故本文所討論有關影響沉澱池效果之因素亦均以此為對象。

(1) 沉澱池之深度

依沉澱池之沉降理論，如要沉澱池之表面積足夠，廢水中之懸浮性固體物沉降至池底而達到去除之目的，似與沉澱池之深度無太大之關係，唯根據1959年 ASCE/WPCF 之出版設計準則，建議池深在2.2~3.8m為佳。最近更有人建議沉澱池必須要有足夠之深度以貯存污泥層，俾避免其底部污泥層之上浮而影響出水效果；而且較深之沉澱池亦因可維持較合理表面溢流率為高之 SVI 值而降低出水之 SS 濃度；再者，較大之沉澱池（直徑大於30m者）則更有必要加深沉澱池周邊水深之必要（甚至高達 6m 以上）。

(2) 表面溢流率

表面溢流率之設計是最直接影響沉澱出水 SS 濃度之因素，但吾人計算表面溢流率首先值得提醒的是不必考慮迴流污泥量，而係純以處理水量為計算基準，因以質能平衡觀點而言，迴流污泥量與廢棄污泥量係從底部排除而並不影響表面溢流率。根據 1977 ASCE/WPCF 建議之設計表面溢流率為 1.4m/hr ，但隨着活性污泥系統之曝氣時間與膠羽之成長，顆粒形成而降低其設計表面溢流率。一般而言，表面溢流率係與出水之 SS 濃度成反比關係。

(3) 固體負荷率

最近因為曝氣池中之混合懸浮性固體物均採取較高濃度操作之趨勢，故 1977 ASCE/WPCF 亦建議採用固體物流通量法來設計沉澱池所需濃縮污泥之面積來代替以往以沉澱池所需澄清分離固體物之面積，而且其設計及操作亦應以尖峰流量時之極限固體流量 (Limiting Solid flux) 來代替平均流量為宜。或者一個最理想之沉澱池設計亦應考慮尖峰流量時能將柱塞流式 (Plug flow) 之處理程序改變成接觸氧化法，階梯式曝氣法或污泥再曝氣法等以減輕固體流通量以及固體物之流出。

(4) 進水流密度與出水堰之位置

一般而言，除了周邊進水方式以外，所有進流水中之固體物將會跌落至池底而再沿着池底升起到流至出水堰，尤以寬廣而集中式之水流形態進水者尤然。故設計者應考慮採用較狹窄以高流速且接近污泥層交界面之進流水方式可得較為理想之處理效果；另出水堰之極限設計流量以不超過 100 至 $150\text{m}^3/\text{md}$ 為原則，當然亦與採用生物處理之流程有關。

(5) 水流分佈

如果是一個大型污水處理廠，同時有好幾個沉澱池時則須慎重處理水流分佈，不可使其中任何一個沉澱池有水量及固體量超負荷之情形。諸如採用分水堰，流量控制閥或利用水力分配之原理均可達到目的，當然亦須考慮到迴流污泥量的分配。

(6) 進水擋板之設計

一般水池之進水擋板設計均係採用進口分水井來消除進流水之能量，以及在進口分水中開孔俾能沿着邊緣形成切線方式流入沉澱池中。如此之設計在水力分配方面並無所謂之水力損失情形。而其外周之最小直徑應為沉澱池直徑之 25% ，亦即占池面積之 6% 左右。

(7) 混合懸浮性固體物之影響

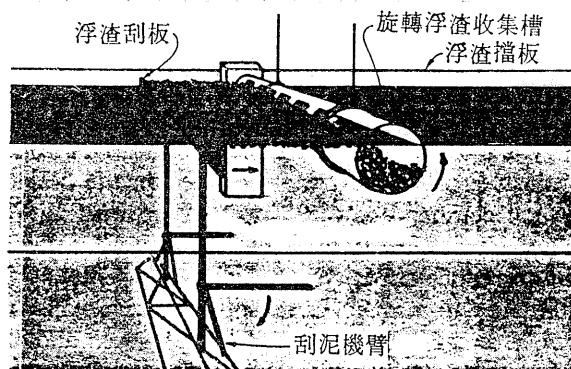
根據多重實驗及實際資料指出，除非流程中有初步沉澱池設計功能，否則沉澱池，對排入之不同濃度懸浮性固體物將難維持一定之去除率。

四、改善沉澱池效果之設計

一般曝氣池中之混合液懸浮性固體物於不大於 $3,000\text{mg/l}$ 時，其污泥之沉澱性可由 SVI 來表示。較高之 SVI 值將引起沉澱池中之固體流通量達到極限，相對提高污泥形成層，終至使 SS 流出池外，影響沉澱池之效果。本節即針對如何提高沉澱池效果提出若干改善參考。

(1) 污泥排除方式

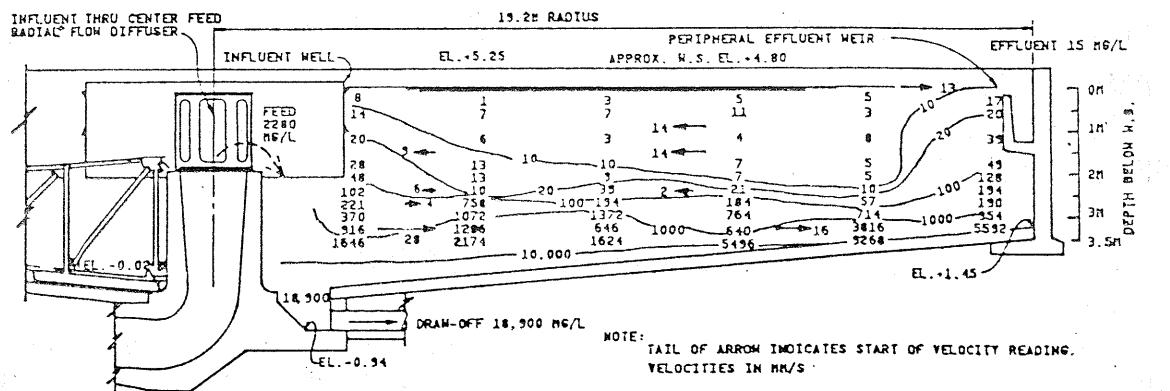
如果能完全去除沉澱池表面之浮渣(Scum)，自然可提高出水水質。新型設計之浮渣去除裝置如以下附圖四，刮渣鈍隨着刮泥機旋轉，當其接近浮渣收集槽時，可以人為或自動機械操作收集槽，將浮渣收集至貯存槽，再泵送至曝氣池處理。



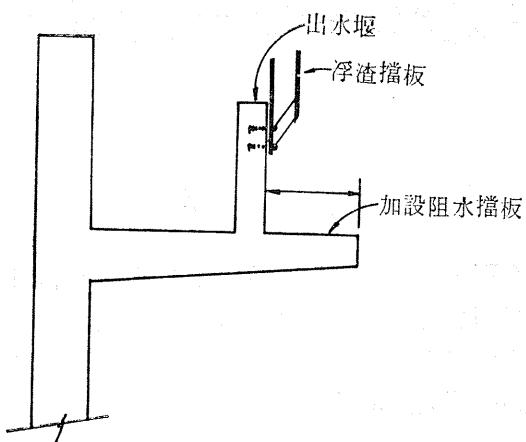
圖四 浮渣去除裝置

(4) 出水堰設計之改進

一個操作中二沉池之內部懸浮性固體物濃度分佈情形如附圖五，由此可知，出水堰之位置以在75%之沉澱池直徑圍成一圈或分別於60%及80%之沉澱池直徑圍成二圈，可得較佳之出水水質。如係設計周邊出水方式者，亦以出水堰下端加設一擋水鈦（如附圖六）可改善出水水質。



圖五 操作中二沉池之 SS 分佈狀況圖



圖六 周邊出水堰之改善設計