

第三章、沉淀、澄清和气浮

第一节、沉淀理论

一、概述

原水经过混合与絮凝过程后，水中胶体杂质已形成粗大絮凝体，必须采取某些处理方式使絮凝体从水中分离出来，从而获得澄清水。通常可采用沉淀池、澄清池或者气浮池工艺来去除水中悬浮颗粒。

当水中悬浮颗粒比重大于 1 时，可采用沉淀方法去除。沉淀是指在重力作用下将悬浮颗粒从水中沉降分离的工艺，是去除悬浮物质的主要方法。可用于简单的沉砂、预沉和混凝、软化后的悬浮物去除，以及污泥的浓缩等。

当水中悬浮颗粒比重小于 1 时，可采用气浮方法去除。气浮是利用微气泡粘附于絮凝体上，由于其重力远小于水的浮力而迅速上浮，使杂质颗粒从水中分离出来，达到水的澄清。气浮方法通常用于处理含藻类较多的湖泊水。

在整个净水系统中，沉淀约可去除悬浮固体的 80%~90%，使出水悬浮物含量降至 10mg/L，甚至 5mg/L 以下。

在水处理中，根据悬浮物的浓度和絮凝性能，悬浮物分离沉降分为下列四种形式。

1、分散颗粒的自由沉淀

分散颗粒系指不具絮凝性能的颗粒，即下沉过程中，颗粒的大小、形状、重量不会发生变化。当颗粒浓度较低，在沉降过程中不受颗粒彼此间影响时，称为自由沉淀。分散颗粒的沉降也称为自然沉淀。

低浓度沉砂和预沉一般属此类沉降。

2、絮凝颗粒的自由沉淀

经过混凝过程的颗粒大多具有絮凝性能，絮粒因碰撞聚集生成更大的絮体，在沉降过程中颗粒的沉速随絮粒增大而改变。絮凝颗粒的沉降也称为絮凝沉降。

大多数混凝沉淀均属此种类型。

3、拥挤沉淀

拥挤沉淀又称成层沉淀。当沉降颗粒浓度达到一定程度后，沉降颗粒相互干扰，使悬浮颗粒以接近或相同的沉速拥挤下沉，呈界面式沉降，出现清、浑水层间的明显界面(浑液面)。

高浊度水的沉淀和澄清池中水与泥渣层的分离属此种类型。

4、压缩沉淀

随着界面沉降继续，浑液面达到一定高度后其沉速减慢，沉到底部的沉泥受上部压力而压缩，颗粒间的孔隙水受压缩而排出，沉泥进一步浓缩，此沉降过程称压缩沉降。

浑液面沉速的转折点称临界点。临界点以上为拥挤沉降，临界点以下为压缩沉降。

沉淀池的积泥区或浓缩区的污泥浓缩属此类型。

完成沉淀工艺的构筑物称为沉淀池。沉淀池按其水流方向可分为平流式、竖流式和辐流式等。此外，根据浅层沉淀池原理，利用斜板、斜管完成沉淀工艺的沉淀池称为斜板(斜管)沉淀池。竖流式沉淀池现已极少采用。

二、沉淀类型的理论分析

1、悬浮颗粒在静水中的自由沉淀

自由沉淀可用牛顿第二定律表述，为分析简便起见，假设颗粒为球形，颗粒在静水中的受力分析如图 3-1。

设颗粒沉速为 u ，根据牛顿第二定律有：

$$m \frac{du}{dt} = F_1 - F_2 - F_3 \quad (3-1)$$

式中 u —— 颗粒沉速，m/s；

m —— 颗粒质量；

t —— 沉淀时间，s；

F_1 —— 颗粒的重力；

F_2 —— 颗粒的浮力；

F_3 —— 颗粒下沉过程中，受到的水流阻力；

已知，颗粒的重力 F_1 为：

$$F_1 = \frac{1}{6} \pi \rho_s g d^3 \quad (3-2)$$

颗粒的浮力 F_2 为：

$$F_2 = \frac{1}{6} \pi \rho_l g d^3 \quad (3-3)$$

颗粒下沉时所受水的阻力 F_3 与颗粒的粗糙度、大小、形状和沉速有关，还与水的密度、粘度有关，根据因次分析有：

$$F_3 = C_D \rho_l \cdot \frac{u^2}{2} \cdot A = C_D \rho_l \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (3-4)$$

式中， A —— 球形颗粒在垂直方向上的投影面积；

d —— 颗粒的直径，m；

g —— 重力加速度，m/s²；

C_D —— 阻力系数，是球形颗粒周围液体绕流雷诺数的函数，由于水中颗粒直径较小，沉速不大，绕流处于层流状态，可用层流阻力系数公式 $C_D = \frac{24}{Re}$ ；

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

$$Re \text{ —— 雷诺数, } Re = \frac{ud}{\nu} = \frac{\rho_l u d}{\mu};$$

ρ_s —— 颗粒的密度；

ρ_l —— 液体的密度。

将公式 (3-2)、(3-3) 和 (3-4) 代入 (3-1)，整理后得到：

$$m \frac{du}{dt} = \frac{\pi}{6} d^3 (\rho_s - \rho_l) g - C_D \rho_l \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (3-5)$$

颗粒下沉时，开始为加速下沉，短暂时间后达到平衡，变为等速下沉，即 $du/dt = 0$ ，故式 (3-5) 可整理为：

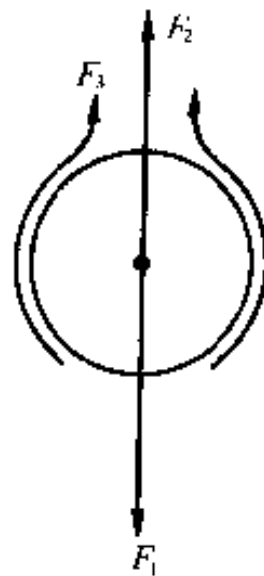


图 3-1 自由沉淀受力分析图

$$u = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{C_D} \cdot \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_l} \cdot d} \quad (3-6)$$

将层流条件下阻力系数公式代入上式，整理后得到：

$$u = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_s - \rho_l}{\mu} \cdot g d^2 \quad (3-7)$$

式(3-7)即为斯笃克斯公式。从该式可知：

①颗粒沉速 u 的决定因素是 $\rho_s - \rho_l$ ，当 $\rho_s < \rho_l$ 时， u 呈负位，颗粒上浮；

$\rho_s > \rho_l$ 时， u 呈正值，颗粒下沉，故絮凝过程中形成粗大密实的絮凝体有利于提高沉淀效果；

②沉速 u 与颗粒的直径 d^2 成正比，所以增大颗粒直径 d ，可大大地提高沉淀(或上浮)效果；

③ u 与 μ 成反比， μ 决定于水质与水温，在水质相同的条件下，水温高则 μ 值小，有利于颗粒下沉(或上浮)，反之，水温低时处理效果差。

④该公式从定量看无计算价值，因为颗粒粒径求解困难，且水中杂质较多，颗粒大小各异，不能直接用该公式来求沉速 u 。由于沉速 u 的测定比较容易，通常以沉速 u 来代表具有该沉速的某一特点颗粒进行沉淀性能分析。

2、悬浮颗粒在静水中的拥挤沉淀

(1) 拥挤沉淀的沉淀特点

当水中悬浮颗粒的浓度高，颗粒在沉淀过程中互相干扰很大时，就产生了特殊的沉淀现象，即拥挤沉淀，如图 3-2 所示。

由图 3-2 可看出：

①整个沉淀柱中分为四个区：清水区、等浓度区、变浓度区及压实区。清水区下面的各区可以总称为悬浮物区或污泥区。

②整个等浓度区中的浓度都是均匀的这一区内的颗粒大小虽然也是不同的但由于互相干扰的结果，大的颗粒沉降变慢了而小的颗粒沉降变快了，因而形成一个等速下沉的现象，整个区似乎是由大小完全相等的颗粒组成的当最大粒度与最小粒度之比约为 6:1 以下时，就会出现这种沉速均一化的现象。(浓度越小，比值越接近于 1，当比值为 1 时，颗粒完全相等，即使在浓度极低的情况，同样也出现等速下沉的现象)。

③颗粒等速下沉的结果，在沉淀管内出现了个清水区。清水区与等浓度区之间形成一个清晰的交界面。这个交界面称浑液面，它的下沉速度代表了颗粒的平均沉降速度。颗粒间的絮凝过程越好，使细小颗粒都粘结在较大颗粒之中，交界面就越清晰，清水区内的悬浮物就越少。

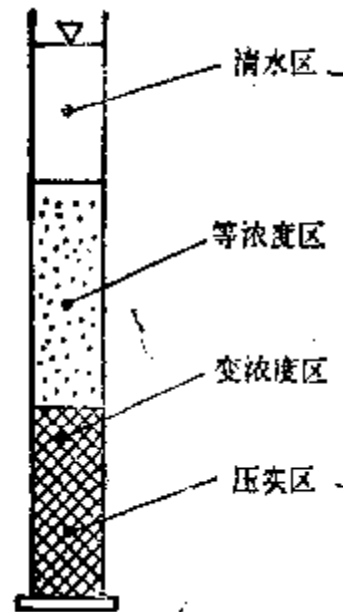


图 3-2 拥挤沉淀现象

④紧靠沉淀管底部的悬浮物很快就被管底截住，这层被截住的悬浮物又反过来干扰了上面的悬浮物沉淀过程，同时在底部出现一个压实区。压实区内的悬浮物有两个特点：一个是从压实区的上表面起到管底止，颗粒沉降的速度是逐渐减小的，在管底的颗粒沉降速度为零。另一个是，由于管底的存在，压实区内悬浮物缓慢下沉的过程也就是这一区内悬浮物缓慢地压实的过程。

⑤从压实区与等浓度区的特点比较，就可看出它们之间必然要存在一个过渡区，即一个从等浓度区的浓度逐渐变为压实区顶部浓度的变浓度区域。

拥挤沉淀的沉速用实验方法测定。在沉淀过程中，清水区高度逐渐增加，压实区高度也逐渐增加，而等浓度区的高度则逐渐减小以致最后不复存在。变浓度区的高度开始是基本不变的，但当等浓度区消失后，也就逐渐消失。变浓度区消失后，压实区内仍然继续压实，直至这一区的悬浮物达到最大密度为止。当沉降达到变浓度区刚消失的位置时，称为临界沉降点，整个沉降过程各区的变化见图 3-3 的示意图。

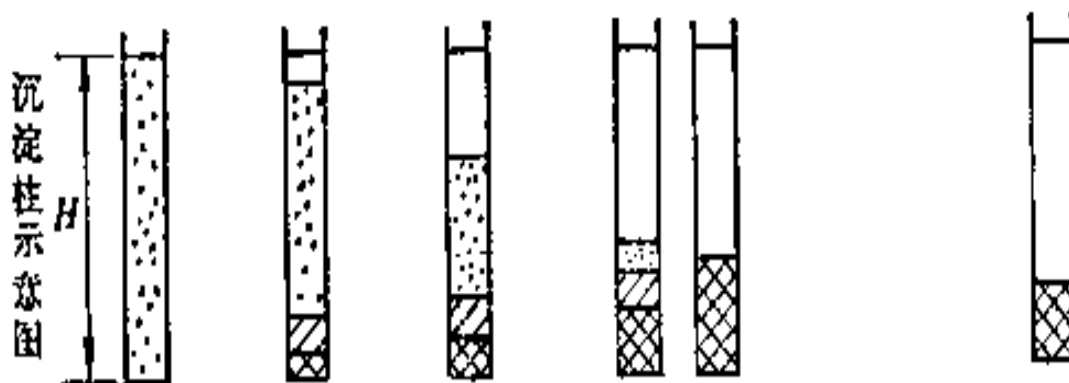


图 3-3 拥挤沉淀的沉降过程示意

拥挤沉淀试验的目的是求出浑液面沉降过程线，即沉降过程中清水区与悬浮物区的界面线，如图 3-4 所示。

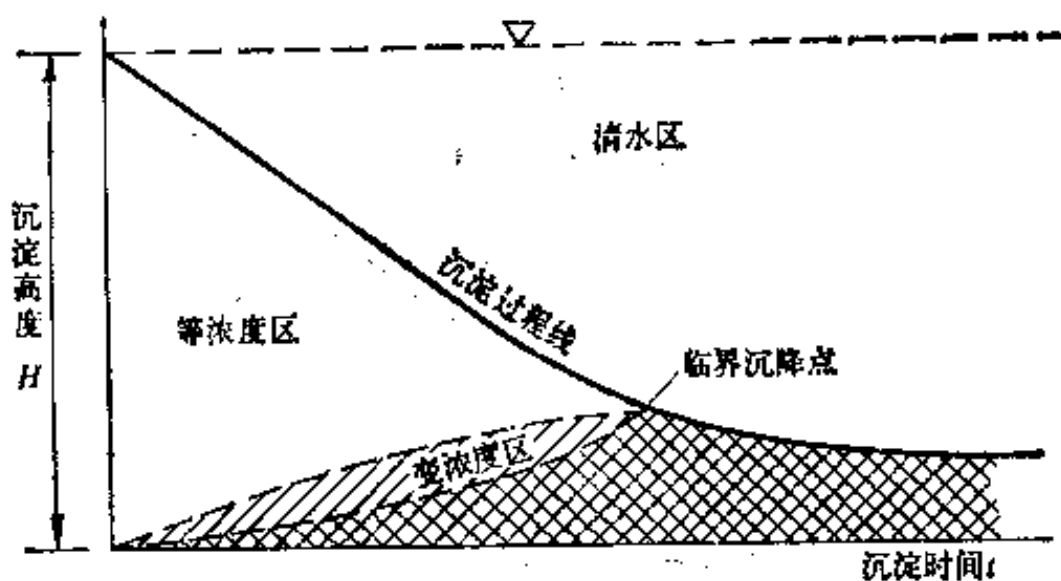


图 3-4 浑液面沉降过程曲线

图 3-4 中，临界沉降点前曲线为拥挤沉淀，浑液面基本上为等速下沉；临界沉降点后曲线为压缩沉淀，即浓缩过程，浑液面为减速下沉。

如图 3-5 所示，在浑液面沉淀过程线上等浓区消失后的某一点 P(该点浓度为 C_p)作切线，与沉淀水深 OA 线交于 B 点，那末，BP 线的斜率即代表浓度 C_p 的下沉速度。令 OA 及 OB 的高度分别为 H_0 和 H_p ，由肯奇沉淀理论，则 C_p 值应为：

$$C_p = \frac{C_0 H_0}{H_p} \quad (3-8)$$

式 (3-8) 为一个很重要的关系式。它表达了下述关系：在高度 H_0 内均匀浓度为 C_0 的悬浮物总量，与高度为 H_p 内均匀浓度为 C_p 的悬浮物总量完全相等。

该切线的斜率即表示浓度为 C_p 的浑液面下沉速度，其值为：

$$v_p = \frac{H_p - H}{t} \quad (3-9)$$

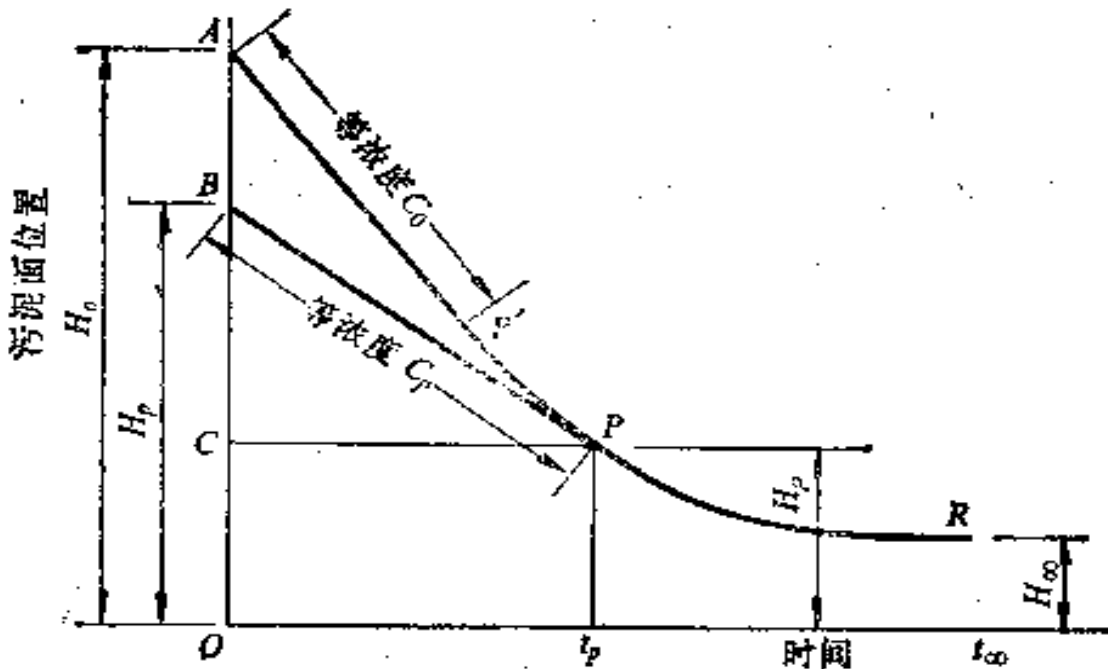


图 3-5 浑液面沉速求解图示

由公式 (3-9) 可知，分区沉淀的浑液面下沉速度是悬浮物浓度的函数。对活性污泥絮体来说，一般表示成下列经验公式：

$$v = aC^{-n} \quad (3-10)$$

式中， v 为浑液面下沉速度 (cm/min)； C 为悬浮物浓度 (g/L)； a 和 n 均为常数，随废水的性质而变化。对生活废水的污泥， a 及 n 值大致如下：

污泥	a (cm/min)	n
初次沉淀池出水污泥	1.78×10^{-5}	2.26
原废水污泥	2.03×10^{-4}	1.87

废水经初次沉淀后，去除了较密实的惰性颗粒物，故污泥的沉淀速度较原废水污泥低一些。常数 n 基本恒定，但 a 值的变化较大，上面列出的是一平均值。

由于不同沉淀水深所得出的沉淀过程线是相似的，根据沉淀水深为 h_2 的沉淀过程线可以用相似的原理画出另一水深为 h_1 的沉淀过程线，如图 3—6 所示。这是沉淀过程与沉淀高度无关的现象。故沉淀试验管也就不需要用实际浓缩池的水深来做试验。但是，由于浓悬浮液的沉淀过程受沉淀管壁的影响较大，应该用较粗的沉淀管来做试验，一般建议直径至少为 50~75mm，最好是 100~150mm，并以粗铅丝构成的搅拌器进行缓慢搅拌，转速在每小时 10 转范围内。

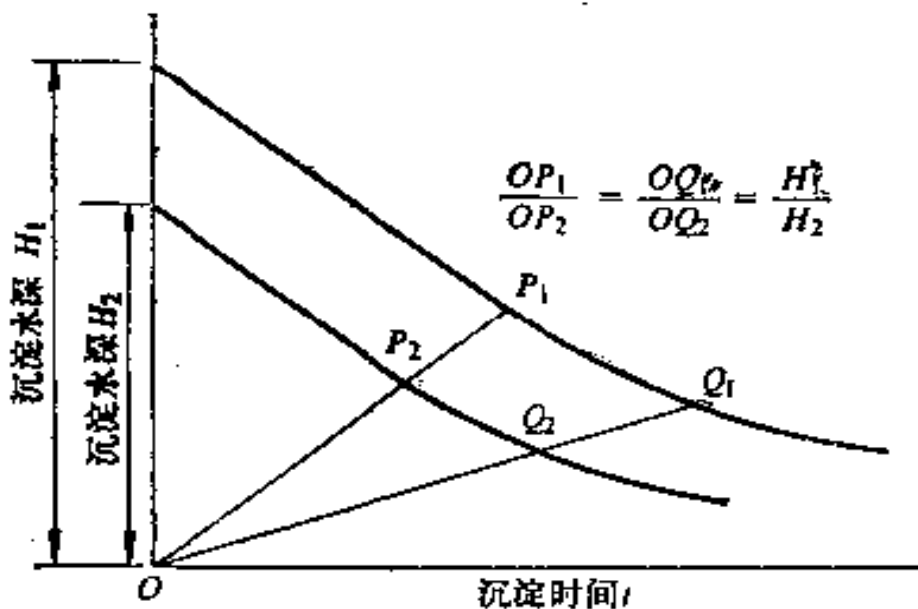


图 3—6 不同水深的分区沉淀过程的相似关系

(2) 固体通量曲线

处理高浓度悬浮物液体的设备称为浓缩池。浓缩池的设计包括确定它的面积及深度，最主要的是确定面积。确定面积的方法通常是利用固体通量曲线来定面积。设计浓缩池时，先把悬浮物沉淀的数据绘成固体通量曲线，如图 3—7 所示。

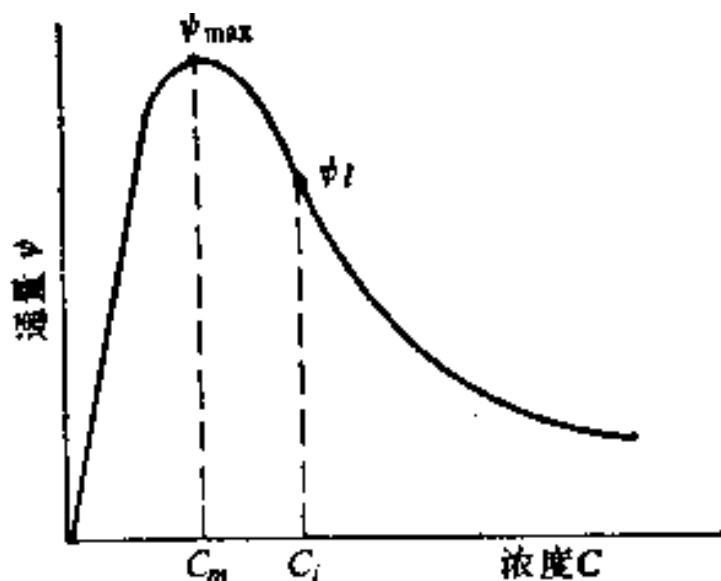


图 3—7 固体通量曲线

固体通量 ψ 的定义为：单位时间内，通过单位面积的固体重量称为固体通量。对悬浮物浓度 C ，可由静止沉淀试验得出它的下沉速度 v ，但在浓缩池中，由于存在一个底流流量，对这一浓度 C 又叠加了一个下沉速度 u ，故得浓缩池内的固体总通量应 ψ_t 为：

$$\psi_t = (v+u)C = vC + uC = \psi_b + uC \quad (3-11)$$

式中 ψ_b 代表由静止试验所得的通量 vC ，通量曲线 $\psi_b \sim C$ 如图 3-7 所示的形式。式中 u 由底流流量确定下来，为一常数，故 uC 对 C 的作图应为一一条直线， u 为直线的斜率。总通量 ψ_t 对 C 的作图见图 3-8。由这个图可以根据下列分析确定出浓缩池的面积来。

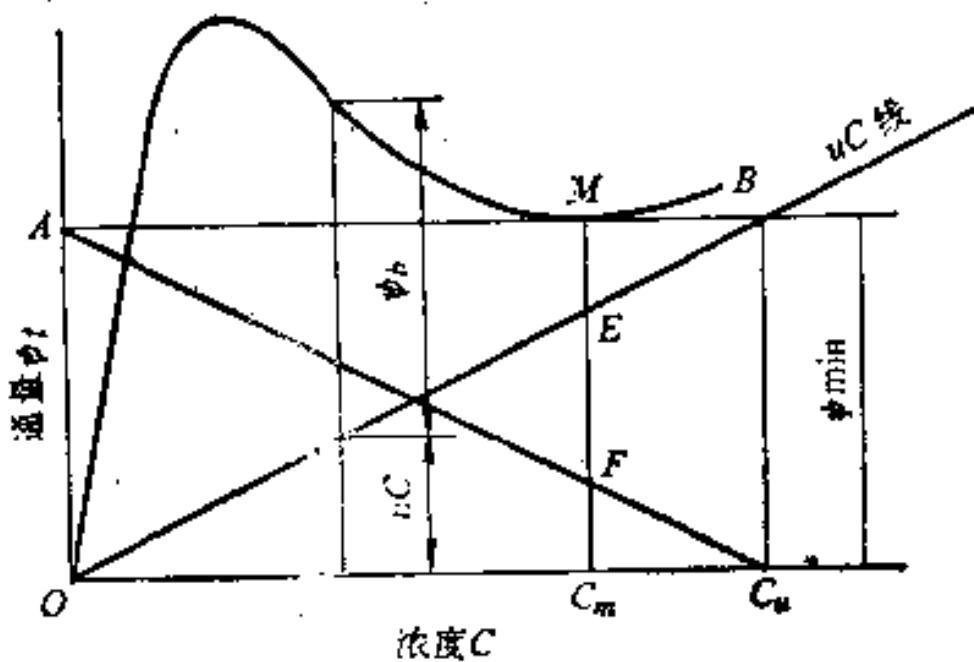


图 3-8 总固体通量 ($\psi_t \sim C$) 曲线

由图 3-8 看出， ψ_t 曲线在 M 点有极小值 ψ_{\min} ，由 M 点作切线与纵轴及 uC 线分别交于 A 及 B 点，而高于 AB 线的平行线与 ψ_t 曲线都交于两点。这一情况说明，小于 ψ_{\min} 的通量只存在一个浓度值，因此浓缩池的底流浓度是稳定的；反之，大于 ψ_{\min} 的通量存在两个不同的浓度，因此浓缩池的底流浓度是不稳定的。这一分析说明， ψ_{\min} 代表了底流浓度稳定时的浓缩池最大允许底流固体通量。 ψ_{\min} 又称为极限固体通量，其物理意义为：在浓缩池的深度方向，必存在者一个

控制断面，这个控制断面的固体通量最小，即为 ψ_{\min} 。而其他断面的固体通量都大于 ψ_{\min} 。因此浓缩池的设计断面面积应该是：

$$A \geq \frac{Q_0 C_0}{\psi_{\min}} \quad (3-12)$$

式中，A —— 浓缩池设计断面面积 (m^2)；

Q_0 —— 入流污泥量 (m^3/h)；

C_0 —— 入流污泥固体浓度 (kg/m^3)；

ψ_{\min} —— 极限固体通量 ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)。

三、理想沉淀池的沉淀原理

为了分析悬浮颗粒在实际沉淀池内的运动规律和沉淀效果，提出了“理想沉淀池”概念。理想沉淀池的假设条件是：

- ①颗粒处于自由沉淀状态，颗粒的沉速始终不变。
- ②水在池内沿水平力向流动，水平流速 v 始终不变，在过水断面上各点流速相等。

③颗粒沉到池底即认为被去除。

1、理想沉淀池的工作情况分析

图 3-9 为理想沉淀池工作示意图。

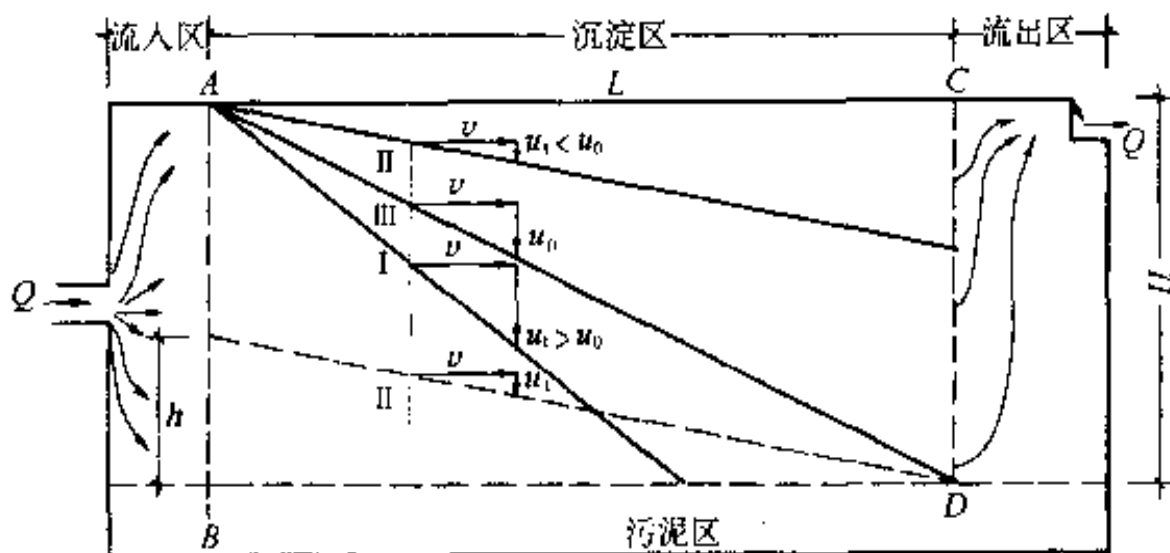


图 3-9 理想沉淀池工作状况

理想沉淀池分进水区、出水区、沉淀区和污泥区。从点 A 进入的颗粒，它们的运动轨迹是水平流速 v 和颗粒沉速 u 的矢量和。从图 3-9 可看出，有的颗粒能全部沉到池底被去除，有的颗粒只能部分沉到池底被去除。因此，提出了截留沉速 u_0 的概念，即这些颗粒中，必存在着某一粒径的颗粒，其沉速为 u_0 ，刚好能全部沉至池底。也就是说， u_0 指能够全部被去除的颗粒中的最小颗粒的沉降

速度。由图可得关系式：

$$\frac{u_0}{v} = \frac{H}{L} \Rightarrow u_0 = v \frac{H}{L} \quad (3-13)$$

式中， u_0 —— 颗粒沉速；
 v —— 污水的水平流速；
 H —— 沉淀区水深；
 L —— 沉淀区长度。

而水平流速 $v=Q/HB$ ，代入 (3-13) 得到：

$$u_0 = \frac{Q}{LB} = \frac{Q}{A} \quad (3-14)$$

式中， A 为沉淀区水面的表面积。 Q/A 为单位面积产水量，称表面负荷率或溢流率，用 q 表示。式 (3-14) 表明，截留沉速 u_0 和表面负荷 q 在数值上相等，但两者含义不同。

2、沉淀效率

(1) 沉速为 $u_i < u_0$ 的某一特定颗粒的去除率 E

从图 3-9 可看出，沉速 $u_i \geq u_0$ 的颗粒，都可在 D 点前沉淀，见轨迹 I 所代表的颗粒。即去除率为 100%。而沉速 $u_i < u_0$ 的那些颗粒，视其在进水区所处的位置而定。若处在靠近水面处，则不能被去除，见轨迹 II 实线所代表的颗粒；同样的颗粒若处在靠近池底的恢复，就能被去除，见轨迹 II 虚线所代表的颗粒。

设原水中沉速 $u_i < u_0$ 的颗粒的浓度为 C ，由图 3-9，沿着高度 h 内进入沉淀池的沉速为 u_i 的颗粒能全部沉到池底被去除。故有：

$$E = \frac{Q_c C}{QC} = \frac{hBvC}{HBvC} = \frac{h}{H} = \frac{h/t}{H/t} = \frac{u_i}{u_0} \quad (3-15)$$

式中， Q_c 为沿着高度 h 内进入沉淀池的水的流量， $Q_c C$ 即为被去除的该种颗粒的量。将 u_0 的表达式代入上式，得到：

$$E = \frac{u_i}{Q/A} \quad (3-16)$$

公式 (3-16) 称为哈真公式，该式表明悬浮颗粒在理想沉淀池中的去除率只与沉淀池的表面负荷 q 及颗粒沉速 u_i 有关，而与沉淀池的水深、池长、水平流速、沉淀时间无关。对公式 (3-16) 进行定性分析有如下结论：

① 去除率 E 一定时， u_i 增大则 q 增大，即产水量增大。

② q 一定时， u_i 增大则 E 增大，由斯笃克斯公式 $u = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_s - \rho_l}{\mu} \cdot gd^2$ 可知，

要使 u_i 增大来提高去除率 E ，就要增大颗粒粒径和密度，可通过提高絮凝效果来实现。故生产上比较重视混凝工艺。

③ u_i 一定时， Q 也一定， A 增大则 E 增大，当容积 V 一定时，水深 H 越小则表面积 A 越大，去除率越高。即沉淀池池深浅些表面积增大可提高去除率 E ，该理论称为“浅池理论”。

斜板、斜管沉淀池正是基于浅池理论上发展起来的。

(2) 沉淀池的总去除率

$$P = (1 - p_0) + \int_0^{p_0} \frac{u_i}{u_0} dp_i \quad (3-17)$$

式中, p_0 —— 所有沉速小于 u_0 的颗粒重量占原水中全部颗粒重量的百分率, 则 $1 - p_0$ 为所有沉速大于等于 u_0 的颗粒的去除率;
 dp_i —— 具有沉速为 $u_i < u_0$ 的某一类颗粒重量占原水中全部颗粒重量的百分率。

四、絮凝沉淀

水处理中的沉淀多属于絮凝沉淀, 即在沉淀过程中, 颗粒的大小、形状和密度都会发生变化, 随着沉淀深度和时间的增长, 沉速越来越快。有关絮凝颗粒的沉淀效果只能根据絮凝沉淀试验加以预测。

絮凝沉淀试验是在一个直径为 150~200mm, 高度为 2000~2500mm 的沉淀筒内进行, 在高度方向每隔 500mm 设取样口, 见图 3-10 (a)。将已知悬浮物浓度为 C_0 及水温的水样注满沉淀筒, 搅拌均匀后开始计时, 每隔一定时间间隔, 如 10, 20, 30, ...120min, 同时在各取样口取水样 50~100mL, 分析各水样的悬浮物浓度, 并计算出各自的去除率。

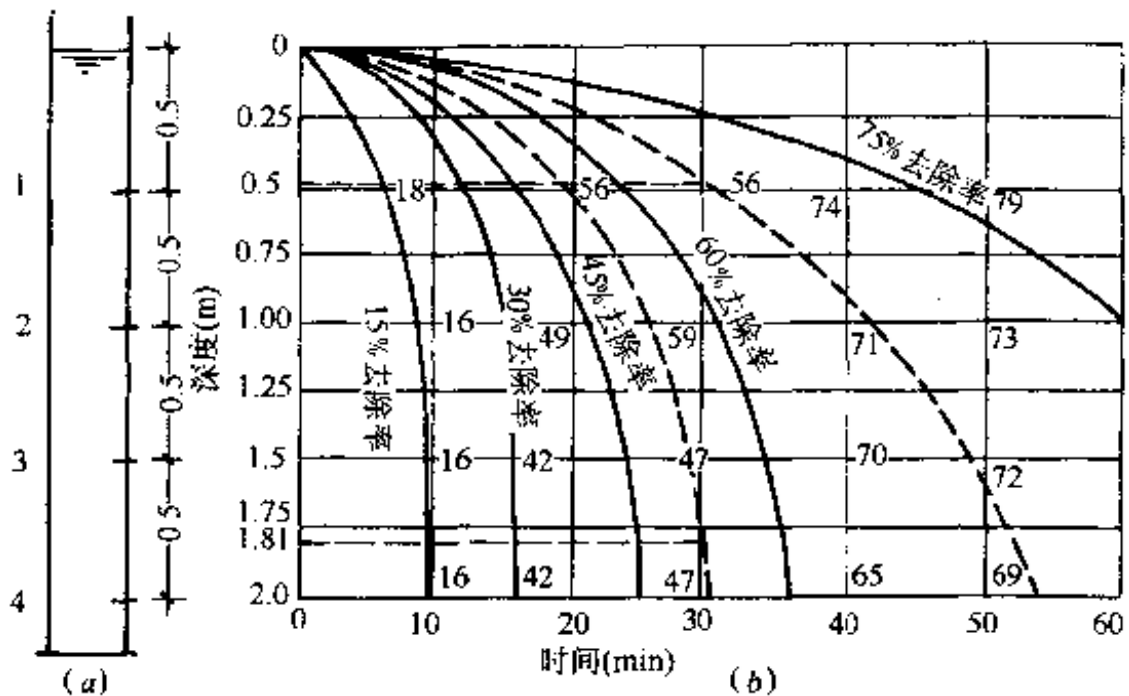


图 3-10 絮凝沉淀曲线 (等去除率曲线)

试验结束后, 在直角坐标纸上, 纵坐标为取样口深度(m), 横坐标为取样时间(min), 将同一沉淀时间, 不同深度的去除率标于其上, 然后把去除率相等的各点连接成等去除率曲线, 见图 3-10 (b)。从图 3-10 (b) 可求出与不同沉淀时间、不同深度相对应的总去除率。

设沉淀筒内水深为 h , 当沉降时间为 t_0 时, 相应截留沉速为 $u_0 = h/t_0$, 由图 3-11 中等去除率曲线, 可求出沉降时间为 t_0 的总去除百分数为:

$$P = p_2 + \frac{h_1/t_0}{u_0}(p_3 - p_2) + \frac{h_2/t_0}{u_0}(p_4 - p_3) + \frac{h_3/t_0}{u_0}(p_5 - p_4) + \dots \quad (3-18)$$

式中， p_2 —— 沉降高度为 h ，沉降时间为 t_0 的沉速为 $u_i \geq u_0$ 的颗粒的去除百分数；

h_1 —— 在时间 t_0 时，曲线 p_2 与 p_3 之间的中间高度；

h_2 —— 在时间 t_0 时，曲线 p_3 与 p_4 之间的中间高度；

h_3 —— 在时间 t_0 时，曲线 p_4 与 p_5 之间的中间高度；

说明：对于相邻两根曲线之间的颗粒 ($u_i < u_0$)，对上面一条曲线来说，已认为沉降下去了，而对下面一条曲线来说，则认为尚未沉降下去。所以，这一部分颗粒的平均沉速等于其平均高度除以时间 t_0 ，其数量即为两曲线所表示的数值之差。

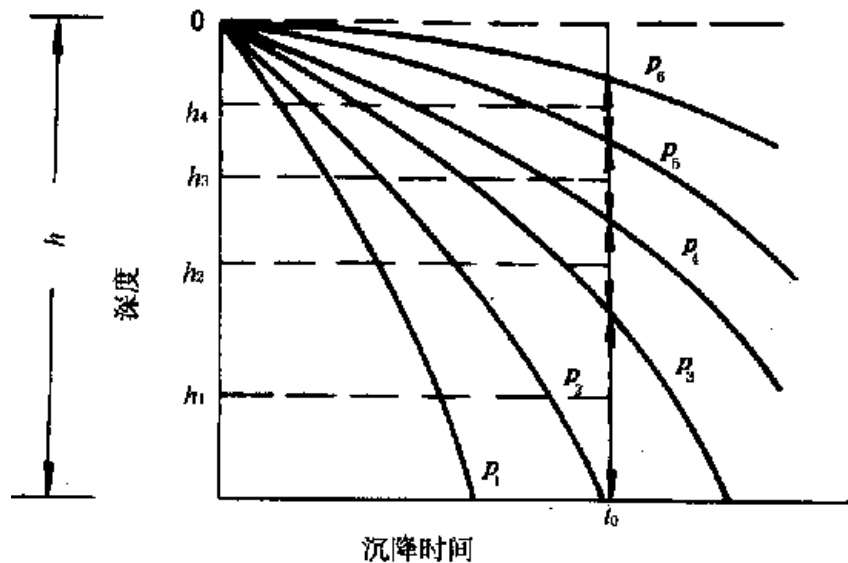


图 3-11 絮凝颗粒的去除百分率计算图示

第二节、平流沉淀池

一、影响平流沉淀池沉淀效果的因素

理想沉淀池是通过三个假设条件而得到的简化的沉淀池，是方便讨论研究的模型。在实际生产运行过程中，由于池体构造及外界的影响，平流沉淀池就偏离了理想沉淀池的条件，主要原因有两个，即沉淀池实际水流状态和颗粒的絮凝作用。

1、沉淀池实际水流状况对沉淀效果的影响

(1) 短流

短流指实际沉淀池中，一部分水流通过沉淀区时，停留时间较短，小于理论停留时间 $T=V/Q$ ，而另一部分水流的停留时间却大于 T 的现象。短流是导致平流沉淀池偏离理想沉淀池的主要因素。

产生短流的原因有：

①股流。股流由沉淀池进水的惯性作用引起。当用管道进水时会产生大股流，用穿孔花墙进水时会产生小股流。股流会加剧水流紊动，影响颗粒沉淀。

②表面流。表面流由于风浪而引起。对于露天的沉淀池，大风刮过时，水流

表面速度比池底快。故北方的水厂大多将构筑物建在室内。

③异重流。异重流指较冷或较重的进水，由于密度不同而引起水流分层流动。异重流有温度差和浓度差两种情况。

④滞流。滞流由于池子本身构造引起。例如池内的分隔墙、刮泥板等。

⑤出水堰产生的水流抽吸作用。

短流所造成的后果有：

①降低沉淀池的容积利用系数。容积利用系数 $\eta = t/T$ (t 为水流实际停留时间)，实际运行中， $\eta = 50\% \sim 80\%$ 。

②冲动池底泥渣或挟带水中絮凝体流出池外，使沉淀池出水水质变坏。

(2) 水流的紊动性和稳定性

1) 水流的紊动性

水流的紊动性用雷诺数 Re 来判别。雷诺数 $Re = \frac{vR}{\nu}$ ，表示推动水流的惯性力与粘滞力的比值关系。

对平流沉淀池来说， $Re = 4000 \sim 15000$ ，为紊流状态，不利于颗粒沉淀，通常希望降低 Re ，以利于沉淀，即使 v 和 R 降低。

2) 水流的稳定性

水流的稳定性用弗汝得数 Fr 判别。弗汝得数 $Fr = \frac{v^2}{Rg}$ ，表示推动水流的惯性力与重力的比值关系。

在沉淀池中， Fr 越大，惯性力越大，则水流抵抗风浪、异重流的能力越强。

故通常希望增大 Fr ，即增大 v 和降低 R 。平流沉淀池的 Fr 宜大于 10^{-5} 。

综合以上分析，为提高平流沉淀池的处理效果，应降低 Re ，提高 Fr ，其最有效的方法是减小水力半径 R ，并控制水平流速 $v = 10 \sim 25 \text{mm/s}$ 。减小水力半径的措施有：

①在沉淀池中设分隔导流墙。

②采用多层多格沉淀池。

③采用斜板、斜管沉淀池。

2、颗粒絮凝作用对沉淀效果的影响

原水经过絮凝池后，悬浮胶体杂质的絮凝过程在沉淀池内仍然继续进行。表现在以下两个方面：

(1) 水平流动

由于池内水平流速分布不均匀，存在速度梯度和湍流，将使颗粒碰撞，促进絮凝。水在池内的沉淀时间越长，由速度梯度引起的絮凝效果越好，所以停留时间对沉淀效果是有影响的。

(2) 竖向下沉

由于水中絮凝体颗粒大小不均， d 值不同，则沉速 u 也不同，将会导致颗粒碰撞，促进絮凝。池深越大，因 u 不同而引起的絮凝效果越好，所以沉淀池的水深对沉淀效果也是有影响的。

综上所述，由于 T 、 H 的影响，实际平流沉淀池偏离了理想沉淀池的假设条件，也偏离了哈真理论，故在实际设计中，应把 H 、 T 考虑进去。一般在设计中取 $H = 3 \sim 4 \text{m}$ ， $T = 1 \sim 2 \text{h}$ （北方 $T = 2 \sim 4 \text{h}$ ）。

二、平流沉淀池的构造

平流沉淀池可分为进水区、沉淀区、积泥区和出水区四个部分。

1、进水区

进水区指絮凝池与沉淀池之间的配水廊道，也称为过渡区。进水区配水廊道一般宽为 1.5~2m。

(1) 作用：均匀布水和消能、减少紊动。

(2) 装置：在絮凝池和沉淀池之间设穿孔花墙。

2、沉淀区

(1) 作用：泥水分离

(2) 要求

①设纵向分隔导流墙，每格宽度 $b=3\sim 8\text{m}$ ，不宜大于 15m。

②沉淀池有效水深 $H=3\sim 3.5\text{m}$ （太浅风吹会带动沉泥，太深风吹会起风浪），超高为 0.3~0.5m。

③在构造方面要求沉淀区的长、宽、深之间相互联系， $L/B\geq 4$ ， $L/H>10$ 。

④沉淀池的 $Fr=10^{-4}\sim 10^{-5}$ 。

3、出水区

(1) 作用：自表面均匀集水并防止带走池底沉泥。

(2) 装置

1) 溢流堰：矩形薄壁堰和三角堰

要求：

①堰顶水平，高差 $\leq 1\text{mm}$ ；

②堰长度足够，为避免出水速度太快，引起水流抽吸带动池底积泥，一般要求堰上溢流率不超过 $300\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ 。

2) 淹没孔口，即穿孔集水槽或穿孔集水管。

要求：孔口流速 $v=0.6\sim 0.7\text{m/s}$ ；孔口孔径 $\phi=20\sim 30\text{mm}$ ；淹没水头 0.12~0.15m；孔口水流应自由跌落到出水渠中。

4、积泥区

(1) 作用：贮泥、浓缩和排泥

(2) 排泥方式：水力排泥和机械排泥

三、平流沉淀池的设计计算

进水区、出水区和积泥区的设计按照前面所介绍的设计参数来设计，下面主要介绍沉淀区的设计计算。

设计平流沉淀池的主要控制指标是表面负荷 q 或停留时间 T 。

1、按表面负荷 q 计算

①沉淀池表面积 $A=Q/q$ （表面负荷 q =截留沉速 $u_0=0.35\sim 0.6\text{mm/s}$ ）

表 2-1 截留沉速参考取值表

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/145334012120011304>