

浅谈合建式加速曝气池的回流

陶 乃 杰

(上海纺织专科学校)

完全混合型活性污泥法生化处理污水的方式有多种, 采用得较多的是表面加速曝气法, 其构造物的结构按活性污泥回流形式的不同, 可分为分建式和合建式二种。分建式的特征是曝气池和沉淀池分为二个独立系统, 混合液自曝气池经过管道进入沉淀池, 在沉淀池中进行泥液分离, 污泥沉淀下来, 澄清液排放, 然后再按所需要的回流污泥量, 将沉淀污泥用泵通过管道送回曝气池。分建式的曝气池和沉淀池相互独立, 互不干扰, 设计池型和结构尺寸比例时较易安排。合建式的特征是曝气池和沉淀池是一个整体结构, 两者以回流缝或回流管联通, 运转时借沉淀池的水位高于曝气池水位的压差, 将沉淀污泥全部“压”回曝气池(剩余污泥另行定时排放)。合建式运转时, 沉淀污泥不是用泵强制回流的, 其回流比的概念和分建式中回流比的概念不尽相同, 池子结构牵涉的因素较多, 特别是回流问题。因此, 下面对合建式的回流问题加以论述。

一、 回流比 (R) 的含义

合建式中回流比的含义, 可用(1)式表达

$$T = R(Q + 1) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

T——每小时混合液自曝气池经过导流区进入沉淀池的流量。

Q——澄清液的每小时排放量, 其数值等同于污水进入曝气池的进水量, 通常以每

小时设计处理量为计算基础。

R——自沉淀池回流至曝气池每小时流量和Q的比值, 即回流比。

二、 澄清排水区和污泥浓缩回流区

沉淀池按作用可分为二个组分, 上部是澄清和溢流排水区, 下部是污泥浓缩回流区。要研究回流, 首先要弄清混合液在这二个区的流动情况和浓缩回流区的作用。根据在有机玻璃模型中试验观察和在实际生产中的测定, 在活性污泥正常的情况下, 这两个区之间有一个明显的污泥分界面。正常运行时, 这分界面的变动幅度不大, 总是维持在导流区导流板末端偏上处, 如图1:

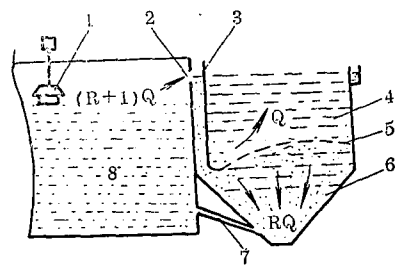


图1 合建式加速曝气池示意图

- 1—曝气叶轮 2—导流窗; 3—导流板;
- 4—澄清排水区 5—污泥分界面; 6—污泥浓缩回流区;
- 7—回流管; 8—混合液曝气池;

自曝气池经过导流区进入沉淀池的混合液, 以Q份向上进入澄清区, 通过溢口水溢出; R×Q份向下进入浓缩回流区, 经回流

缝或回流管再回至曝气池。这一个“分界面”的概念非常重要，可用它来较合理而正确地计算污泥浓缩时间。如图1所示，大部分混合液是集中通过浓缩回流区的，仅少量通过澄清区。所以，用浓缩回流区的容积来计算污泥沉淀（浓缩）时间，较之有些资料所介绍的以整个沉淀池的容积来计算，要合理得多。同时，在设计中我们可以用导流板浸入池的深度来控制澄清区和浓缩区的容积分配比例。根据笔者的经验，在方形池中，导流板可适当深些，以导流板的末端和沉淀斗的斜板之间的垂直距离不小于导流区的宽度为准，这样可适当扩大澄清区的容积，以提高澄清效果。

三、浓缩回流区的作用

混合液在浓缩回流区停留一定时间的作用之一是增加污泥的相互碰撞机会，以增大污泥颗粒。我们都有这样的经验，在初开始培养活性污泥时，由于新生污泥颗粒过于细小，池中的污泥量又少，所以活性污泥极易随澄清液飘失。活性污泥的沉降速率，遵循斯托克定律：“沉降速率与活性污泥颗粒的平均半径的平方成正比。”用量筒测定污泥体积的试验中，可看到活性污泥的沉降大致有如图2的规律。在初开始时，下降的速率极低（a段），稍过了一段时间，粒子相互碰撞，粒径加大，下降速率就显著加快（b段），浓缩至较密实时，下降速率又降低（c段）。所以，混合液必须在污泥浓缩区内有适当的

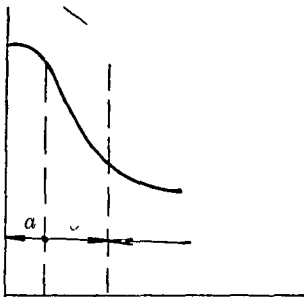


图2 活性污泥沉降曲线

停留时间，使细小的新生污泥颗粒增大，或附着在老污泥上而不致飘失，并可提高出水水质。此外，提高污泥浓度后，还可提高排泥浓度。

四、回流比的确定

回流比是合建式表面加速曝气池的重要参数，它和设计池子结构和运转管理有密切关系。有资料介绍：“污泥回流量愈大愈好，如曝气时间短，回流比（R）可用3~5倍，曝气时间长可用10倍以上”。作者认为这样的概念有待商榷，兹就污泥浓缩和回流比的关系，以及回流液在回流缝或回流管中的流速和回流比的关系，分别加以讨论。

一、【污泥浓缩和回流比的关系】

在沉淀池内，出水在澄清区的平均停留时间（澄清时） T_1 和回流液在浓缩区的平均停留时间（浓缩时） T_2 ，可用下式表示：

$$T_1 = V_1/Q \dots\dots\dots (2)$$

$$T_2 = V_2/RQ \dots\dots\dots (3)$$

式中： V_1 为澄清排水区的容积；

V_2 为浓缩回流区的容积。

现举例说明如下：

假定： $V_1 = 170 \text{米}^3$ ， $V_2 = 150 \text{米}^3$

$Q = 100 \text{米}^3/\text{小时}$

则： $T_1 = 170/100 = 1.7 \text{小时}$

$T_2 = 150/100R = 1.5/R \text{ 小时}$

如果： $R = 3$ ，则 $T_2 = 1.5/3 = 0.5 \text{小时}$

$R = 10$ ，则 $T_2 = 1.5/10$

$= 0.15 \text{小时} (9 \text{分钟})$

上一节曾讨论到浓缩区污泥浓缩时间的重要性，要有适当的浓缩时间，才能保证污泥沉降浓缩效果。从上例看出： $R = 10$ 时，浓缩时间仅9分钟，沉降效果可能还只达到图2曲线的a段； $R = 3$ 时，浓缩时间可达半小时，沉降效果可以进入图2的b段。所以，按浓缩污泥的要求，R以适当小为宜，应不大于3。R数值小，回流量也少，在导流区也可有积极的浓缩效果，有利于气水分离。

二、【回流液流速和回流比的关系】

根据测定，污泥回流液在回流缝或回流管中流速 U_2 不得低于60毫米/秒，（216米/时），沉降性能好的污泥也不得低于80毫米/秒，才能防止污泥沉积，这是一个重要数据。 U_2 和回流量（ $R \cdot Q$ ）以及回流缝或回流管的过流面积（ A ）三者，关系如下：

$$U_2 = R \cdot Q / A \dots\dots\dots (4)$$

式中 Q 为设计处理量，是给定的，所以 R 和 A 应保持适当的比例，才能得到合适的 U_2 。对于这一点，圆形曝气池和方形曝气池的情况是不一样的，现分别讨论如下：

1、圆形曝气池

假定一圆形曝气池，设计处理污水量 $Q = 80 \text{米}^3/\text{时}$ ，回流缝圈的直径 $D = 9 \text{米}$ ，回流缝阔度（缝道间垂直距离） $W = 0.2 \text{米}$ ，则其过流面积 A 将达 5.7米^2 ， U_2 和 R 的关系将如下表所示：

U_2 毫米/秒	200	100	60	40	12
R	50	25	15	10	8

注：1毫米/秒 = 3.6米/小时

从上表可知，由于过流面积 A 过大，所以 U_2 不可能取200毫米/秒，即使取100毫米/秒（以60毫米/秒为标准，其安全系数为1.67），回流比 R 也达25倍，这样在沉淀池区的污泥浓缩时间仅3.6分钟。如取 U_2 为60毫米/秒（安全系数为1），回流比也应不低于15，才能防止在回流缝中沉积污泥，此时浓缩时间也只有6分钟，远不能达到浓缩要求。如果取 R 小于10，则流速将小于40毫米/秒，缝道中必然会产生污泥沉积现象。所以，圆形曝气池由于结构特征，回流缝面积过大，回流液流速和回流比的矛盾也就不易解决，在实际运转中，就不得不提高回流比来加大流速，以防止污泥沉积，回流比以大为好的说法可能由出于此。再者，如果认为回流不畅发生污泥沉积堵塞现象是由于回流缝过狭的原因，再采取加阔回流缝的措施，显然，这将更进一步降低回流液流速，效果将适得其反，堵塞现象将更为

严重。根据上述，在设计圆形曝气池时，理论上应尽可能减小回流缝的阔度，将阔度降至 $0.15 \sim 0.12 \text{米}$ ，甚至 0.1米 ，这样将是有利的。

2、方形曝气池

方形曝气池如果也采用回流缝的形式，也会同圆形池一样发生回流液流速和回流比的矛盾。但方形池有一有利条件，它可以不用回流缝而改用回流管的形式联通曝气池和沉淀池（参见图1）。用回流管的形式，可使合建式曝气池具有分建式的特点。回流管的过流面积较回流缝的显著为小，回流管直径可任意选择，不受结构的限制，因此，可根据需要选择较大的回流液流速和较小的回流比，现分析如后。

假定一方形曝气池，设计处理量 $Q = 100 \text{米}^3/\text{时}$ ，规定回流液流速为200毫米/秒（720米/时），安全系数达3.3，即使由于特殊情况降低了叶轮转速或减低了进入沉淀池的混合液量，仍能保持不低于60毫米/秒的流速。由于是用回流管连通曝气池和沉淀池，回流液的高流速不但不会对沉淀池干扰，还有助于曝气池底部的搅拌效果。沉淀池对曝气池有0.002米的水位差，就足以使回流液的流速达到200毫米/秒。再规定回流比 R 为3（污泥浓缩时间可达30分钟），然后按公式（3）确定回流过流面积 A ，并选用回流管直径 D 如下式。

$$A = \frac{R \times Q}{U_2} = 3 \times 100 / 720 = 0.42 \text{米}^2$$

$$D = \sqrt{4A / \pi} = 0.73 \text{米}$$

此处 $D = 0.73 \text{米}$ ，是指用于单斗沉淀池的回流管直径，如果采用四斗式沉淀池，用四根直径0.35米的回流管，则可有更好的回流效果，而在结构设计上也较单根大管道为有利。

五、结束语

本文的几个主要论点为：

1、合建式表面加速曝气池的沉淀池可

分为澄清溢流排水区和污泥浓缩回流区，这两个区之间有一明显的污泥分界面。计算污泥沉淀（浓缩）时间，不应以整个沉淀池的容积，而应以浓缩回流区的容积作为计算基础。

2、回流比不宜大，以控制在3较为合适，可以保证污泥在浓缩区的浓缩时间。

3、污泥回流液的流速不宜小，实际生产运转要采用100毫米/秒以上，甚至200毫米/秒的流速，才能保证不发生污泥沉积堵塞现象。

4、圆形曝气池由于结构上的关系，回

流缝的过流面积过大，常达6米²的水平，因此不易解决回流比和回流液流速之间的矛盾，回流缝过阔（不是过狭）是造成污泥沉积堵塞的重要原因，所以应尽可能减小回流缝阔度。

5、方形曝气池可用回流管回流污泥，过流面积小，没有回流比和回流液流速之间的矛盾，可按需要任意选用回流比和流速，并有曝气池和沉淀池互不干扰的优点。

6、多斗式（多回流管）沉淀池的方形曝气池，较单斗式（单回流管）有更好的回流效果，也有利于结构设计。