

问题讨论

对现行污泥龄定义的质疑及对它的修正建议

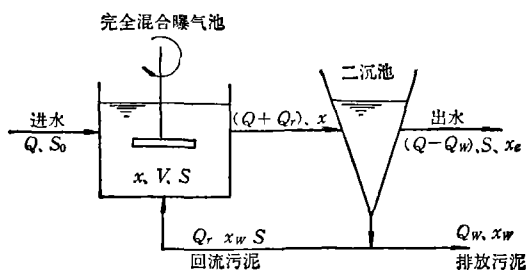
张 自 杰 彭 永 臻

(哈尔滨建筑工程学院)

污泥龄——亦称固体(或细胞)平均停留时间。近年来,在活性污泥处理系统的理论探讨、设计指导和运行管理等方面,日益成为重要的参数,为人们所重视,得到广泛应用。

我们通过几年来对活性污泥反应所进行的科学试验和研究,感到现行的污泥龄定义不够严谨,与活性污泥处理系统实际运行状态之间有一定的差距,用于指导污水处理厂的设计和运行管理是会产生误差的,应当考虑加以修正。现通过活性污泥反应动力学并结合在活性污泥处理系统内运行的实际状态来讨论这个问题。

图 1 所示为完全混合式活性污泥法污水处理系统流程。



图中, Q ——进水流量(容积/时间);
 S_0 ——进水中底物浓度(毫克/升);
 X ——曝气池中混合液污泥浓度(毫克/升);
 V ——曝气池容积;
 S ——曝气池内底物浓度(毫克/

升);

Q_r ——回流污泥量(容积/时间);

X_w ——回流及排放污泥的浓度(毫克/升);

Q_w ——污泥排放量(容积/时间);

X_e ——随二沉池流失的污泥浓度(毫克/升)。

污泥龄的传统定义是曝气池内的污泥总量与每日排放及流失的污泥量之比,其数学表达式为:

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_w + (Q - Q_w) X_e} \quad (1)$$

表示底物去除速度和污泥增长速度的两个活性污泥反应动力学的基本式为:

$$U = \frac{k_\mu \cdot S}{K_s + S} = \frac{Q(S_0 - S)}{VX} \quad (2)$$

$$\frac{1}{X} \frac{dx}{dt} = YU - b \quad (3)$$

式中, θ_c ——污泥龄(日);

U ——底物的比去除速度(日⁻¹);

k_μ ——底物的最大比去除速度(日⁻¹);

K_s ——饱和常数(毫克/升)

$\frac{1}{X} \frac{dx}{dt}$ ——污泥比增长速度(日⁻¹);

Y ——污泥增长系数(毫克污泥/毫克去除底物);

b ——污泥自身氧化速度常数(日⁻¹)。

图 1 为处理系统的污泥增长与排出的物料平衡式:

每天曝气池中污泥量的变化
= 每天污泥的净增长量
- 每天排放和流失的污泥量

其数学表达式为

$$V \left(\frac{dx}{dt} \right)_n = VX(YU - b) - [Q_w X_w + (Q - Q_w) X_e] \quad (4)$$

式中, $\left(\frac{dx}{dt} \right)_n$ ——曝气池中污泥浓度的变化 (毫克/升·日)。

假定处理系统在“稳定状态”下运行, 则 $X = \text{常数}$, $\left(\frac{dx}{dt} \right)_n = 0$, 将式 (1) 代入式 (4), 经化简后得:

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - b \quad (5)$$

注意到式 (2), 可写出下式

$$\begin{aligned} \frac{1}{\theta_c} &= Y \frac{k_\mu \cdot S}{K_s + S} - b \\ &= Y \frac{Q(S_0 - S)}{VX} - b \end{aligned} \quad (6)$$

由上列各式可以导出下列各关系式。

$$S = \frac{K_s(1 + b\theta_c)}{\theta_c(Yk_\mu - b) - 1} \quad (7)$$

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + b\theta_c} \quad (8)$$

$$P_X = Y_{obs} Q(S_0 - S) \quad (9)$$

$$X = \frac{Y(S_0 - S)\theta_c}{(1 + b\theta_c)t} \quad (10)$$

$$V = \frac{YQ\theta_c(S_0 - S)}{X(1 + b\theta_c)} \quad (11)$$

式中, X_{obs} ——污泥的实际增长系数 (毫克污泥/毫克去除底物);

P_X ——每日增长的污泥量 (毫克污泥/日);

t ——污水在曝气池内的平均停留时间 (日)。

这些公式所表示的是活性污泥处理系统的出水中底物含量 S 、污泥的实际增长系数

Y_{obs} 、剩余污泥量 P_X 、曝气池内混合液污泥浓度 X 、曝气池容积 V 等和污泥龄之间的定量关系。它们在设计 and 运行中具有重要的意义, 然而, 这些公式只有在活性污泥反应系统处于“稳定状态”时, 才能够成立。所谓“稳定状态”就是指 Q 、 S_0 、 X ……等各项参数是固定不变的, 既不随时间变化, 也不随温度变化而变化。但是, 在实际的污水处理厂中, 其流量 Q 和原水浓度 S_0 每时每刻都在变化, 曝气池内污泥浓度 X 也难于通过排放污泥而保持恒定, 从而出水底物浓度 S 也将是变化的, 这一系列情况说明活性污泥处理系统的实际运行状态是不稳定的。这样, 传统的污泥龄定义与活性污泥运行的实际状态之间存在着差距, 而上述各公式的实际意义就降低了。

另一方面也应注意到, 活性污泥处理系统运行的不稳定状态是难于控制和改变的, 我们只能正视这一事实, 而对污泥龄的定义加以修正, 这就是在公式 (1) 右侧的分母项中考虑曝气池内污泥浓度变化这一因素, 即:

$$\theta_c = \frac{VX}{[Q_w X_w + (Q - Q_w) X_e] + \left(\frac{dx}{dt} \right)_n V} \quad (12)$$

将式 (12) 代入式 (4) 加以变换, 并注意到式 (3), 则得:

$$\begin{aligned} \frac{1}{X} \frac{dx}{dt} &= YU - b = \frac{1}{\theta_c} \\ &= \frac{V \left(\frac{dx}{dt} \right)_n + [Q_w X_w + (Q - Q_w) X_e]}{VX} \end{aligned} \quad (13)$$

亦即, 考虑曝气池内污泥变化的修正后的污泥龄, 在实际上等于污泥比增长速度的倒数。

对污泥龄的定义作这样的修正, 能够使动力学公式的应用摆脱受“稳定状态”的严格限制, 因为由动力学基本方程式导出的式 (7)~(11) 不依赖于处理系统的“稳定状态”而成立。若沿用传统的污泥龄定义, 则必须

在“稳定状态”的条件下才能导出式(7)–(11),因此也必然受这个条件的限制.这就是说,在活性污泥反应系统的运行条件变化较大的情况下,仍然可以从公式(13)推导出 S 、 P_x 、 X 、 V 等各项参数与污泥龄 θ_c 之间的定量关系,即: $S = f(\theta_c)$ 、 $P_x = \phi(\theta_c)$ 、 $X = F(\theta_c)$ 、 $V = \Psi(\theta_c)$ 等函数关系.根据水质和水量的逐时变化资料,应用上述以污泥龄为函数的各项公式,计算出处理效果、污泥产量、曝气池的容积等各项数据,对污水处理厂的设计和运行管理都具有一定的实际意义.

修正后的污泥龄,其定义用文字表示为:在污泥按一定速度增长的某一时刻,活性污泥的增长量在达到曝气池内污泥总量所需要的时间,即为这个时刻的污泥龄(日).从本质上来说它揭示了活性污泥反应中底物和生物量之间的数量关系.用物理意义解释,它反映了污泥的增长速度,数值上等于污泥增长速度的倒数,具有瞬时概念(和物理学中的速度概念一样,也可分为瞬时速度与平均速度).当活性污泥处理系统在“非稳定状态”下运行时,污泥的增长速度不断地变化.传统的污泥龄定义只能表示某一天的污泥龄为多少,而且其数值仅取决于每天排放的污泥量,与污泥增长速度没有直接关系.而修正后的污泥龄其数值不取决于每天排放污泥的多少,只与污泥增长速度有关,具有瞬时意义,能够用来表示某一时刻的污泥龄的大小,评价此时处理系统的运行状态,因而能够用于“非稳定状态”下运行的处理系统.

传统的污泥龄宜定名为污泥平均停留时间或细胞平均停留时间(日),其物理意义就是每天新增长的污泥在曝气池内的平均停留时间(日).如果做到连续排放的污泥量与流失的污泥量恰好等于增长的量,那么修正后的污泥龄与传统的污泥龄即行相等.当活性污泥处理系统在“稳定状态”下运行时, S 、 X 等各项参数都是常数, $\left(\frac{dx}{dt}\right)_n = 0$,因之式

(12)将和式(1)同形.由此可见,传统的污泥龄只是修正后污泥龄的一个特例,在“稳定状态”下,二者是一致的,这就是说,修正后的污泥龄也完全适用于“稳定状态”的条件.我们认为,将传统的污泥龄与修正后的污泥龄作这样的区别是比较贴切的.

传统的污泥龄定义由于只能应用于“稳定状态”下运行的处理系统,其应用范围受到很大的限制.而修正后的污泥龄不但适用于“非稳定状态”而且在某些特殊情况下也能够应用.例如,如果活性污泥系统的污水处理厂由于运行不当,造成活性污泥的严重流失,曝气池内的污泥浓度大大降低,当进水的水质水量不变时,曝气池内的有机物污泥负荷也将大大增加,出水水质恶化.对于这种情况,必须在几天内不排放污泥,严格地防止污泥随出水流失,以便尽快地恢复到原有的污泥浓度和污泥负荷.在这几天内, Q_w 和 X_c 等值趋近于零,由公式(1)所确定的传统污泥龄的值将为无穷大,即 $\theta_c \rightarrow \infty$,如果将这个值代入式(7)的 $S = f(\theta_c)$ 中和式(8)、(9)的 $P_x = \phi(\theta_c)$ 中去,则得到出水底物浓度 S 非常低,污泥增长量 P_x 趋近于零的荒谬的结论.而实际上此时由于污泥负荷很高,相应的出水底物浓度也很高,每天的污泥增长量 P_x 也相当大.这是因为传统的污泥龄不能用于“非稳定状态”下运行的处理系统.但是,用修正后的污泥龄定义则可以用公式(7)–(11)来准确地描述污水厂的运行状态.在恢复污泥浓度的这几天内,尽管不排放污泥,但由于曝气池内污泥浓度的迅速提高,使 $\left(\frac{dx}{dt}\right)_n$ 项的值增大,由式(12)得到的污泥龄的值比以前更小.从而可以得出正确的结论,概括地说,这时公式(7)–(11)的应用不受“稳定状态”这一条件的限制.

图2所指的在三种不同温度下进行的试验过程是一次进水并不排放污泥(一般在培养活性污泥时采用),来观察底物的去除和污

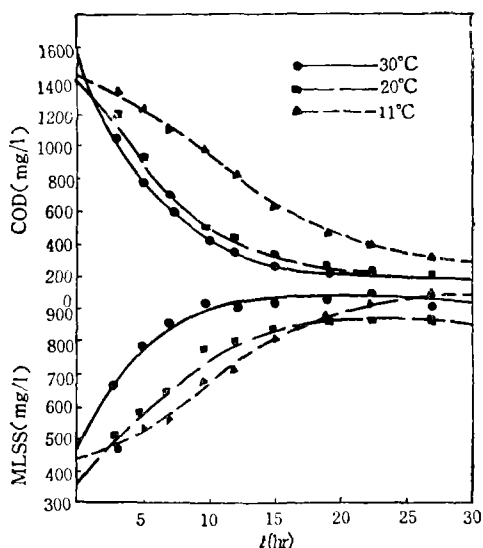


图2 30℃、20℃和11℃的试验结果

泥的增长情况,是我们以人工合成有机物为底物而进行的间歇试验。因为该试验不排放污泥,也不存在污泥流失的问题,这显然无法用传统的污泥龄来解释。从间歇试验的整个

过程来看,污泥增长速度每时每刻都在变化,并且逐渐变小,直至底物耗尽为止,污泥增长速度是瞬时速度,污泥龄也应当用瞬时性来表示。对这种典型的“非稳定状态”,仍然能用修正后的污泥龄来描述其运行状态。如图2所示,在试验初期污泥增长速度快,污泥龄则很小,相应地底物浓度也高(完全混合型曝气池内的底物浓度就是出水底物浓度)。随着底物的消耗,污泥增长速度变得缓慢、污泥龄也逐渐增大,底物浓度也相应降低。如果求出几个动力学常数,可以使用以污泥龄为函数的公式(7)~(11)来定量地表达污泥龄与各参数之间的关系。

对沿用多年的传统污泥龄定义的修正,是一个较大的学术问题,我们的论点虽然是经过几年的科研实践而逐步形成的,但仍在初始阶段,主观、片面也在所难免,对此,我们诚恳地希望听取老前辈、专家和同行就这个问题的看法和意见,共同讨论。

酸雨的气象解释及可测性探讨*

胡 倬

(湖北省气象科学研究所)

一、引言

本文利用降水样品中pH值监测数据(因电导率与pH值间无密切相关关系存在,故未作讨论),结合气象条件及天气形势,讨论了在不同气象条件下,大气输送、扩散能力对形成酸雨的贡献,并对用850毫巴(约1500米上空)天气系统解释酸性降水的可能性做了探讨。

二、基本思路

迄今为止,虽然对于酸雨的成因尚无定论,但一般认为,它主要是由于燃烧化石燃料

所产生的二氧化硫和氮氧化物这一人为因素所造成的,包括干、湿两种沉降机制^[1]。就污染物的输送机制而言,除要考虑近地层输送、扩散外,还需对中、低空的长距离输送作用有足够的估计^[2]。由于大气是各种污染物质的承受体和扩散、净化的作用体,故可通过了解大气的变化特征,对我们所关心的酸性降水做出分析、预测。

三、资料来源及处理方法

资料系本所酸雨监测站(114° 04' E,

* 张霞、朱汉诚、林爱和同志参加资料整理工作,夏豫齐同志对本文提出宝贵意见,特此致谢。