

K. H. 柯罗里科夫曝气池计算公式

胡家駿

提 要

K. H. 柯罗里科夫公式是目前在苏联通用的计算曝气池的公式。三本排水工程教科书和教学参考书中都叙述了这些公式。叙述的方式各不相同,给人的印象也就不同。

最近我们在编写排水工程,对某些问题进行了讨论。这里提出关于柯罗里科夫曝气池计算公式的编写方法,希望大家讨论。

在设计采用压缩空气的曝气池时,必须首先决定池子的尺寸和空气的供应量。而池子体积和空气量则决定于处理程度和处理过程。

在选定池深 H 后,可根据单位体积污水耗气量 $D \text{ m}^3/\text{m}^3$ 和曝气强度(单位池面面积的曝气率) $I \text{ m}^3/\text{vac}/\text{m}^2$ 计算池的平面面积。公式如下:

$$F = \frac{DQ}{I}, \quad (1)$$

式中 F —池的平面面积, m^2 ;

Q —污水流量, m^3/vac 。

计算空气供应量的公式为:

$$V = DQ, \quad (2)$$

式中 V —空气供应量, m^3/vac 。

D 与 I 之间存在着一个简单关系:

$$D = \frac{It}{H}, \quad (3)$$

式中 t —曝气时间, vac 。

苏联学者生物学博士 K. H. 柯罗里科夫提出了二组公式来计算 D 和 I 。在 B.O. 布圖克著“生活污水的处理”[1]一书中只介绍了第一组公式。Л.Г. 杰米多夫和 Г. Г. 施果林著的“排水工程”[2]一书中对第二组公式只作了简单介绍,认为用第二组公式计算的结果和用第一组公式计算的结果完全相同而计算工作却很繁复。在 B. H. 施希金等著 A. И. 茹柯夫主编的“排水工程”[3]中对二组公式都作了详尽的叙述;从该书所举的例题(特别是例题的结语)看来,著者以第二组公式作为独立的计算方法。1954 年出版的 AKX 手册[4]亦把二组公式作为不同的、独立的计算方法来叙述和运用的,但是内容上和前书显然不

同。下面的叙述是讨论上述各书的总结。

一、柯罗里科夫第一组公式

D 的计算

在曝气池中,耗氧的情况(也就是BPK下降情况)可以分为二个阶段。在第一阶段中耗氧速度决定于溶氧速度,池液中无溶解氧存在;在第二阶段中耗氧速度决定于有机物好气分解规律,池液中出现溶解氧。K. H. 柯罗里科夫根据第一阶段耗氧情况推导计算 D 的公式。

设 x 代表池液中的溶解氧浓度(以 mg/l 计),则

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k_1''k_2''(c-x)VH}{W},$$

或

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k_1''k_2''cdVH}{W},$$

式中 $\frac{dx}{dt}$ —溶氧速度, $mg/l \cdot h$;

c —氧饱和度, mg/l ;

d —氧饱和差, 等于 $\frac{c-x}{c}$;

k_1'' —系数, 与压缩空气的温度和压力有关;

k_2'' —系数, 与曝气效率有关;

W —曝气池容积, m^3 ;

其他符号的意义同前。

柯罗里科夫以 K 代 $k_1''k_2''c$, 称之为空气利用系数。

在第一阶段中, d 为常数($=1$), 故溶氧速度为常数; 又因溶氧速度等于BPK下降速度, 故得:

$$\frac{L_a - L_t}{t} = \frac{KdVH}{W}, \quad (4)$$

式中 L_a —入流污水总BPK, mg/l ;

L_t —出流污水总BPK, mg/l 。

$$\because V = QD, W = Qt,$$

$$\therefore L_a - L_t = KdDH,$$

$$D = \frac{L_a - L_t}{KdH} \quad (5)$$

虽然上式系根据第一阶段曝气情况导出的, 但这一公式不但用于部份处理而且用于

全处理。用于部份处理时, 令 $d=1$, 得

$$D = \frac{L_a - L_t}{KH}; \quad (6)$$

用于完全处理时, 令 $d=0.5$, $L_t=0$, 得

$$D = \frac{2L_a}{KH}。 \quad (7)$$

I 的 决 定

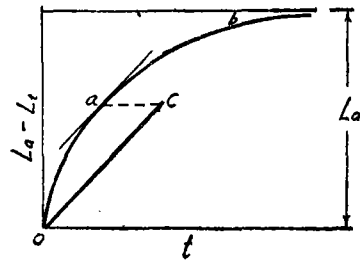
(1) 部分处理 設曝气池中耗氧过程服从單分子反应規律。則BPK下降值($=L_a-L_t$)与曝气時間 t 的关系可用圖一的曲線 Oab 表示。但就部份处理講, BPK 的下降速度应为常数, L_a-L_t 与 t 的关系应以圖一中的直綫 Oc 表示。这直綫的坡度代表 BPK 下降速度, 其值为

$$\begin{aligned} & \frac{L_a - L_t}{t} \\ \therefore \frac{L_a - L_t}{t} &= \frac{KdVH}{FH}, \\ \frac{V}{F} &= I, \quad d=1; \\ \therefore \frac{L_a - L_t}{t} &= KI, \\ I &= \frac{L_a - L_t}{Kt}。 \end{aligned} \quad (8)$$

从上式看来, I 决定于 L_t 和 t , 即决定于处理程度和曝气時間。令出流的 L_t 为 L_b , 令圖一中的 c 点代表曝气終点。为了降低池子的造价, 池子面积愈小愈好, 也就是 t 愈短愈好 (t 值縮小, I 值將增大但并不影响 D 值)。 t 值愈小, 圖一中直綫 oc 的坡度就愈陡。显然, oc 的坡度不可能大于曲綫 Oab 在 a 点 (a 点的 L_t 值等于 L_b) 的切綫的坡度。也就是, 当 $d=1$ 时 (部份处理), BPK下降速度不可能大于出流的总 BPK L_b 的“單分子反应下降速度”(即溶氧速度大于耗氧速度时的 $\left| \frac{dL_b}{dt} \right|$)。 a 点的切綫坡度为

$$\frac{d(L_a - L_b)}{dt} = k'_1 L_b,$$

式中 k'_1 —曝气池中的耗氧常数。



圖一

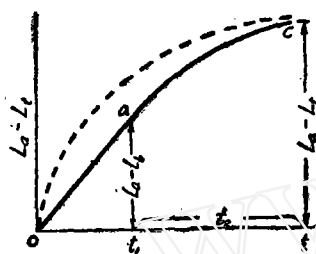
故知在部份处理曝气池中,最有利的 BPK 下降速度为 $k'_1 L_b$, 即应有:

$$\frac{L_a - L_b}{t} = k'_1 L_b. \quad (9)$$

由(8)、(9)两式可知部分处理活性污泥法的曝气强度应采用:

$$I = \frac{k'_1}{K} L_b. \quad (10)$$

(2)完全处理 在完全处理活性污泥法中,起先,溶氧速度控制处理过程,BPK下降值与曝气时间之间呈直线关系;其后,有机物好气分解的自然规律控制处理过程,BPK下降值与曝气时间之间呈单分子反应曲线关系;在前一阶段转入后一阶段的一瞬,直线和曲线相切。整个处理过程可用图二表示。



图二

兹令到达转折点 a 的曝气时间为 t_1 、转折点的总 BPK 值为 L_b 、第二阶段的曝气时间为 t_2 , 则据(8)式可知

$$t_1 = \frac{L_a - L_b}{K I}. \quad (11)$$

又因曲线 ac 为单分子反应曲线, 故

$$t_2 = \frac{1}{k_1} \lg \frac{L_b}{L_t}, \quad (12)$$

式中 k_1 —曝气池中的耗氧常数, 等于 $0.434 k'_1$ 。

据(10)式

$$L_b = \frac{K I}{k'_1}.$$

以 t_1, t_2, L_b 代入(3)式, 得:

$$D = \frac{I}{H} \left(\frac{L_a - L_b}{K I} + \frac{1}{k_1} \lg \frac{L_b}{L_t} \right) = \frac{I}{H} \left(\frac{k'_1 L_a - K I}{k'_1 K I} + \frac{1}{k_1} \lg \frac{K I}{k'_1 L_t} \right).$$

但

$$D = \frac{2 L_a}{K H}.$$

联立上列二式, 求 I ; 得:

$$I = \frac{k_1 L_a}{K \left(\lg \frac{K I}{2.3 k_1 L_t} - 0.434 \right)}. \quad (13)$$

二、柯罗里科夫第二组公式

双级曝气时, 采用二个不同的曝气强度 I_1 和 I_2 来适应二个不同的曝气阶段。计算 I_1, I_2, D_1 (第一阶段单位体积污水耗气量)、 D_2 的公式可罗列如下:

$$I_1 = \frac{k_1' L_b}{K},$$

$$D_1 = \frac{L_a - L_b}{KH},$$

$$D_2 = \frac{2L_b}{KH},$$

$$I_2 = \frac{D_2 H}{t_2}, \quad t_2 = \frac{1}{k_1} \lg \frac{L_b}{L_t}.$$

又

$$t_1 = \frac{L_a - L_b}{2.3 k_1' L_b}.$$

在計算双級曝气池时，必須先选定 L_b ，也就是必須先划分二个阶段。在理論上， L_b 是可以自由选定的，因此可以得到很多組答案。我們可以挑选最經濟的答案作为答案。

在作經濟比較时，可用年費做指标。年費等于：

$$\mathfrak{A} = \frac{24 \times 365}{100} c Q D + p r Q t,$$

式中 c —每立方公尺耗气量的經常費，分；

r —每立方公尺池子的基建費，元；

p —年折旧提成率，

其他符号的意义同前。

联立上列各式，求 $\frac{d\mathfrak{A}}{dL_b}$ ，并令 $\frac{d\mathfrak{A}}{dL_b} = 0$ ，得下列方程式：

$$AL_b^2 + L_b - L_a = 0,$$

$$L_b = \frac{\sqrt{1 + 4AL_a} - 1}{2A},$$

$$A = \frac{200 k_1' c}{p r K H}.$$

例 $L_a = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, $L_t = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, $H = 3 \text{ m}$, 求 I_1 。

已知 $c = 0.4$ 分, $r = 400$ 元, $k = 0.16$, $K = 12$, $p = .042$ 。

解：

$$A = \frac{200 \times 0.16 \times 0.4}{.042 \times 400 \times 12 \times 3} = 0.0212,$$

$$L_b = \frac{\sqrt{1 + 4 \times .0212 \times 300} - 1}{2 \times .0212} = 98 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$I_1 = \frac{k_1' L_b}{K} = \frac{2.3 \times 0.16 \times 98}{12} = 3.0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} \text{ ac}.$$

本例題采自 ARX 手册 [4] 275 頁，原書用圖解法，較繁，且答案不易准确。

*

*

*

*

在編写教材时，除把二組公式的基本概念及其适用方法交待清楚外，应当指出下列各点：

1. 活性污泥法曝气池中的耗氧规律尚未有定论(参看[1][4][5]), 应继续进行研究。
 2. 适用于完全处理的计算 D 的公式欠妥善。
 3. 不仅佈气设备的性能影响空气利用系数的值, 温度、池深、水流情况等亦有影响。
- 此值尚须继续研究。

参 考 文 献

- [1] Ботук Б.О., проф., Очистка бытовых сточных вод, Мзд. МХ РСФСР, 1949.
- [2] Демидов Л. Г., Шигорин Г. Г., Канализация, Ч. II, Мзд. МХ РСФСР, 1949.
- [3] Канализация, сборник работ под. редакцией проф. А. И. Жуков, Стройиздат, 1951.
- [4] АХ, Справочник по жилищно-коммунальному хозяйству, том 3, Мзд. МХ РСФСР, 1954.
- [5] Sawyer, C. N. and M. S. Nicholes, Sewage Works Jour., Vol. XI, 51, 1939.

The Korolkov Equations for Computing Aeration Tanks

Hu Chia-tsun

ABSTRACT

A textbook on sewerage and sewage treatment is in preparation. About the Korolkov equations, we have had different understanding. In this paper, the writer suggests the way of representation of these equations in the coming book.