

专 论

确定 CBOD 和 NBOD 参数的研究

李 献 文

(北京建筑工程学院)

一、前 言

生物化学需氧量(BOD)是表示耗氧有机化合物的综合指标。20世纪初开始研究和应用此项指标时,仅用于评定河流受到有机污染的程度,后来也用于对污染源(如生活污水、工业废水)的检验。虽然BOD的测定和定量理论还存在种种缺陷,但目前仍是世界公认的衡量能被微生物生化降解的有机物的唯一重要指标。

BOD的耗氧过程分为两个阶段:第一阶段为碳氧化阶段,可用CBOD表示;第二阶段为硝化阶段,可用NBOD表示。弄清CBOD和NBOD随培养时间的变化规律,才能弄清可生化降解有机污染物的降解速率,从而判断出有机物在水体中的自净规律以及有机污染质在人工生物处理构筑物中的降解规律。对上述变化规律的定量运算都必须应用CBOD和NBOD参数(即: K_1 、 L_0 、 K_N 、 L_N)。

过去50年对于时间与CBOD的关系进行了大量的研究。对于NBOD的研究则不够充分。1931年Reed和Theriault发表了关于速度数据统计分析的经典性论文^[1],直至今日学术界仍认为该方法最易理解,且有精度高的优点。此方法在计算时所花劳动量较大,因此技术人员有时望之却步。其后,由于渐渐认识到应用 K_1 和 L_0 的重要性,而不得不着手研究新的、简单些的方法。但是方法的简化是以牺牲精度和可靠性为代价的。凡十年来卫生工程和环境工程科技人员研究

出10种以上的回归分析方法,至今流行较广者有美国废水生物处理权威W. W. Eckenfelder, Jr.教授推荐的三种方法^[2]: (1)对数-差值法;(2)矩量法;(3)Thomas图解法。美国环境保护署(EPA)水质研究班手册^[6]指明可采用以下五种方法: (1)Reed和Theriault的最小二乘法;(2)Thomas斜率法;(3)矩量法;(4)快速率法^[7]和(5)逐日差值法^[8]。应该指出,上述方法皆假定BOD的变化遵循单分子反应,即化学反应动力学一级反应。70年代有些专家提出BOD变化并不完全是单分子反应。在当前尚没有可供实用的BOD双分子或多分子反应数学模型的情况下,在一定时期内仍要探讨并使用一级反应数学模型。从工程实用角度看,上述方法仍是可行的近似方法。

国内有关BOD变化规律及 k_1 、 l 值回归分析方面的论文发表较少。过去环境界使用水质模型中的DO模型进行计算时,往往以BOD,而不是 l_0 (即BOD₀)代入模型,这是不正确的。在不同时间的BOD换算时, k_1 值往往采用 0.1日^{-1} 。这样做可能出现较大的误差。美国的《水和废水标准检验法》第13版中明确地指出:“通过近几年的研究证明,含碳物质氧化的指数率 K 在 20°C 时虽可能从小于0.05到大于0.2,但也很少是0.1。因此,除非已经测出被检的污水、废水或河水的 K 值,就不能从5天的BOD值计算一个试样的含碳物完全需氧量 L_0 。”所以,确定水样中含碳有机物的耗氧速度常数 K_1 和第一阶段完全生化需氧量CBOD₀(L_0)

是重要的。由于河流中氨氮耗氧所占的比例愈来愈不容忽视,因此硝化阶段耗氧常数 K_N 和第二阶段完全生化需氧量 $NBOD_u$ (L_N) 的确定也必需认真研究。本文的目的就是探索 K_1 、 K_N 、 L_0 和 L_N 的确定方法。

二、CBOD 参数的确定

此项研究中所用水样除取自 T 江各断面外,还取了北京京密引水河的水样。从 1983 年 4 月至 1984 年 4 月共做了 BOD 连续过程线 104 条。本文中只举出两组平均值为例,其中一组为 1983 年 5 月 4 日—5 月 24 日 T 江 III 断面的 20 天连续过程线;另一组为 1983 年 4 月 14 日—5 月 4 日北京京密引水河的 20 天连续过程线。

(一) 常用方法

笔者用国外常用的对数-差值法、矩量法和 Thomas 图解法回归 CBOD 参数。所得结果见表 2。

国外书刊中所介绍的对数-差值法皆用手算^[9],且需在半对数格纸上绘图,比较繁琐。同时,有些数据系由直线上读出,绘图及读数皆可能产生误差。笔者编制了以袖珍计算机 (TI-59 及 PC-1500) 按对数-差值法回归 K 和 L_0 的程序。程序中用最小二乘回归直线法代替了在半对数格纸上绘图的步骤。计算速度及精度皆比手算有很明显的提高。

(二) 最小二乘法

此法虽可得精度高的结果,但计算繁琐费时,过去几十年并未普遍应用。由于电子计算机的逐渐普及,1980 年以后国外又提出用最小二乘法回归 BOD 参数。我国环境界参考得较多的 N. L. Nemerow 所著《河流污染的科学分析》^[10]一书中介绍了六种估算 K_1 和 L_0 的方法,首先就介绍了最小二乘法。该书所介绍的实用计算方法中, L_0 值是用目视法估计出来的,因此有可能出现较大偏差。笔者探讨了两种改进的方法。若使用可编程

序计算机 (TI-59)、袖珍电子计算机 (PC-1500) 或其它微型计算机,能很快算出较精确的结果。

1. 最小二乘法 (I)

根据最小二乘法原理用一条曲线拟合一组 BOD 实验点,必须力求使其残差平方和为最小。对某一水样,若已进行了 n 天连续的 BOD 检验,任何 $t = n$ 天的数据可用下式表示:

$$\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=n} = K'(L - y_n) \quad (1)$$

式(1)中 K 及 L 皆为未知数。 dy/dt 表示曲线上某一数据点的斜率。由于实验的误差,上式左右两侧将有一差值 R ,可用下式表达此差值:

$$R = K'L - K'y - \frac{dy}{dt} \quad (2)$$

令 $a = K'L$; $-b = K'$, 代入式(2),得:

$$R = a + by - \frac{dy}{dt} \quad (3)$$

残差 R 之平方和应为最小,令其偏微分等于零可达此目的:

$$\frac{\partial}{\partial a} \Sigma R^2 = \Sigma 2R \frac{\partial R}{\partial a} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \Sigma R^2 = \Sigma 2R \frac{\partial R}{\partial b} = 0 \quad (5)$$

若按式(3)对 R 的表达方式进行式(4)和式(5)的运算,则可得下列一组方程:

$$na + b\Sigma y - \Sigma \frac{dy}{dt} = 0 \quad (6)$$

$$a\Sigma y + b\Sigma y^2 - \Sigma \left[y \left(\frac{dy}{dt} \right) \right] = 0 \quad (7)$$

式中 n ——检测数据的数目。

解联立方程式(6)和式(7),可求出

$$K' = -b \text{ (以 } e \text{ 为底)}$$

$$L = -a/b$$

编制计算机程序的框图如图 1:

程序中以迭代法解联立方程。先设一个 K 值 ($\hat{b}$),最后要求 $|\hat{b} - b|$ 满足一定的精度要求,一般 0.001 量级已够,达到精度要

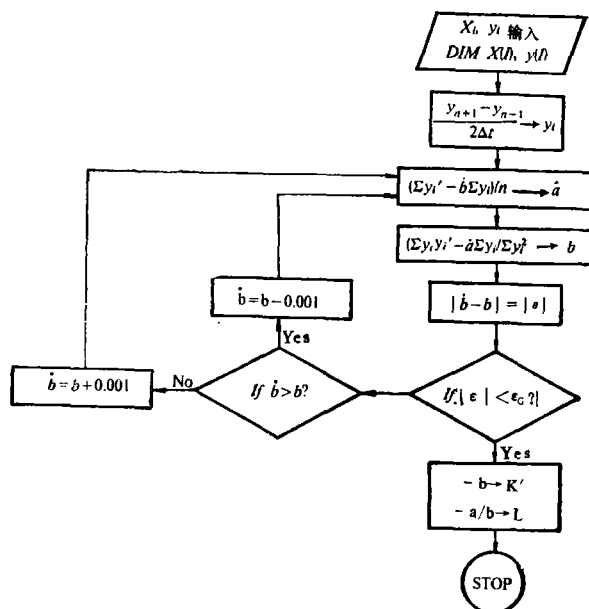


图1 最小二乘法 (I) 程序框图

求后,即可停机并打印出运算结果。

2. 最小二乘法 (II)

描述 BOD 的耗氧与时间关系的方程如下:

$$y = L[1 - \exp(-Kt)] \quad (8)$$

以残差平方和衡量计算值与观测值的符合程度,用下式表示:

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_{obs,i} - y_{cal,i})^2 \quad (9)$$

在最小二乘法中根据残差平方和最小而估算模型参数。式(9)可写成:

$$Q(L, K) = \sum_{i=1}^n \{y_{obs,i} - L[1 - \exp(-K \cdot t_i)]\}^2 \quad (10)$$

在 \$Q\$ 为最小的点, \$Q\$ 对每一参数的偏导数必须等于零:

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = -2 \sum_{i=1}^n \{y_{obs,i} - L[1 - \exp(-Kt_i)]\} \cdot \{1 - \exp(-Kt_i)\} = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = -2 \sum_{i=1}^n \{y_{obs,i} - L[1 - \exp(-Kt_i)]\} \cdot \{t_i \cdot L \cdot \exp(-Kt_i)\} = 0 \quad (12)$$

$$\cdot \{t_i \cdot L \cdot \exp(-Kt_i)\} = 0 \quad (12)$$

将式(11)、式(12)移项,得 \$l\$:

$$L = \frac{\sum \{[1 - \exp(-Kt_i)] y_{obs,i}\}}{\sum [1 - \exp(-Kt_i)]^2} \quad (13)$$

$$L = \frac{\sum [y_{obs,i} t_i \exp(-Kt_i)]}{\sum \{[1 - \exp(-Kt_i)] t_i \exp(-Kt_i)\}} \quad (14)$$

代入式(13)、式(14)中都可得到相同 \$L\$ 值的 \$K\$, 即为最小二乘法估算出的 \$K\$ 值, 以 \$\hat{K}\$ 表示。其相应的 \$L\$ 即为最小二乘法估算出的 \$L\$, 以 \$\hat{L}\$ 表示。必须找出一种迭代的方法解出这些数值, 可先导出 \$K\$ 的函数:

$$f(\hat{K}) = \frac{\sum \{[1 - \exp(-Kt_i)] y_{obs,i}\}}{\sum [1 - \exp(-Kt_i)]^2} - \frac{\sum [y_{obs,i} t_i \exp(-Kt_i)]}{\sum \{[1 - \exp(-Kt_i)] t_i \exp(-Kt_i)\}} = 0 \quad (15)$$

可用牛顿法求 \$f(\hat{K})\$ 的零, 在迭代中, \$K_{i+1}\$ 可表示为:

$$K_{i+1} = K_i - \frac{f(K_i)}{f'(K_i)} \quad (16)$$

式中 \$f'(K_i)\$——\$f(K_i)\$ 对 \$K\$ 的一阶导数。可用数值逼近法求导数, 式(16)可写为:

$$K_{j+1} = K_j - f(K_j) \left[\frac{K_j - K_{j+1}}{f(K_j) - f(K_{j-1})} \right] \quad (17)$$

在迭代开始之前需先假设一个 K 值。连续逼近直到 $K_{j+1} - K_j$ 小于某一指定误差为止。

上述方法用手算过于繁琐费时,用计算机可很快得出结果。为便于推广,笔者编制

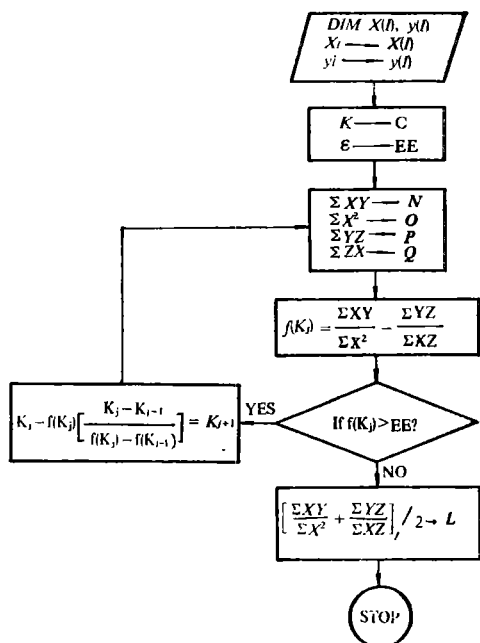


图2 最小二乘法 (II) 程序框图

了国内应用得较广泛的 PC-1500 型袖珍电子计算机的程序。其框图如图 2。

三、NBOD 参数的确定

标准法 BOD₅ 只考虑第一阶段 (CBOD) 的耗氧。随着有机污染的加重、废水二级处理的增多,硝化作用耗氧在水体耗氧量中所占比例也日益增大,其影响已不容忽视。1982 年 10 月在美国 WPCF 的年会上 J.C. Hall 等人根据 40 个设施下游水体中 BOD 耗氧的数据说明,有 24—86% 的耗氧是由硝化作用所造成的。目前国外在确定 NBOD 耗氧常数 K_N 和第二阶段完全耗氧量 L_N 方面的论文很少。一般专著中只说明硝化阶段耗氧也遵循单分子反应规律。下面仍用与第一阶段

相同的程序回归 NBOD 参数。

用最小二乘法 (II) 对京密引水河水样进行 CBOD 和 NBOD 参数的回归分析。由分析结果看,对于京密引水河这类清洁的河水,用最小二乘法进行第二阶段(硝化阶段)回归分析,所得混合 BOD (即 CBOD₁ + NBOD₁) 的相对偏差(平均值)仅为 0.66%,其规律与化学反应动力学的一级反应拟合得很好。见图 3。

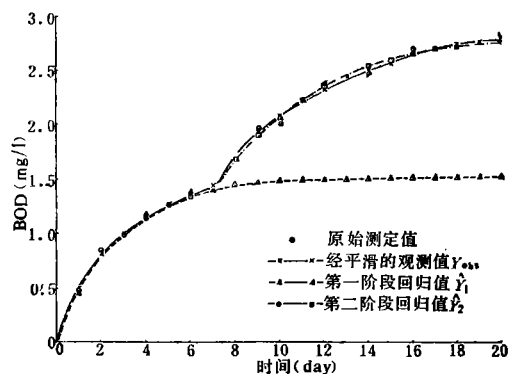


图3 京密引水河水样的 BOD 过程线

仍用上述方法对 T 江 III 断面水样所得连续 20 天的 BOD 数值进行回归分析。结果表明,用国际上常规的方法对 T 江 III 断面的水样进行硝化阶段的回归分析,所得结果极差。NBOD 的相对偏差(平均值)达 47.6%,个别的相对偏差竟高达 270.6%。见图 4。可以认为,用常规的方法不能拟合 T 江这类水

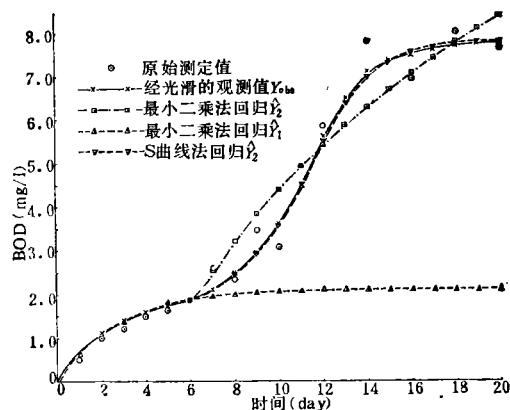


图4 T 江 III 断面水样的 BOD 过程线

样的硝化阶段,需要探索一条新路。

四、确定 NBOD 参数的新方法

一般 BOD 硝化过程曲线皆为 S 形,只是氮污染较轻微水样开始硝化后低速率增长阶段的持续时间较短,用指数函数拟合所形成的误差较小,而 T 江这类受氨氮污染稍重的河水水样的 NBOD/CBOD 比值较高, NBOD 对混合 BOD 过程线的影响较大,硝化阶段过程线开始的低速率渐增过程持续的时间较长,用一级反应的指数形式回归就会出现很大的误差。用以下方程

$$y = \frac{L_N}{1 + be^{-at}} \quad (18)$$

可得较好的拟合结果。可用以下两种方法回归。

(一) L_N 已知

在 n 天连续观测数据中有 $20^\circ\text{C}20$ 天 BOD_{20} 的数值(当温度升高,天数可相应地减小;反之,应增加),则可以用观测的 BOD_{20} 减去第一阶段回归值 y_1 (20 天)所得差值近似地代表 L_N ,再按已知 L_N 而回归出常数 a 、 b 。

将式(18)移项

$$\frac{L_N}{y_i} - 1 = be^{-at_i} \quad (19)$$

取式(19)的自然对数

$$\ln\left(\frac{L_N}{y_i} - 1\right) = \ln b - at_i \quad (20)$$

将式(20)线性化,用最小二乘法按直线回归,则

$$\begin{aligned} \ln b = & \left\{ \sum t_i^2 \sum \left[\ln\left(\frac{L_N}{y_i} - 1\right) \right] \right. \\ & \left. - \sum t_i \sum t_i \left[\ln\left(\frac{L_N}{y_i} - 1\right) \right] \right\} / \\ & \left\{ n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2 \right\} \\ a = & - \left\{ n \sum t_i \left[\ln\left(\frac{L_N}{y_i} - 1\right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} & - \sum t_i \sum \left[\ln\left(\frac{L_N}{y_i} - 1\right) \right] \Bigg/ \\ & \left\{ n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2 \right\} \end{aligned} \quad (22)$$

式中, y_i ——培养时间为 t_i 时的 BOD;

t_i ——培养时间;

a 、 b ——常数;

n ——观测数据对的数量。

(二) L_N 未知

取式(18)的倒数:

$$\frac{1}{y_i} = \frac{1}{L_N} + \frac{b}{L_N} e^{-at_i} \quad (23)$$

为了简化符号,令

$$Y = \frac{1}{y_i}; K = \frac{1}{L_N}; A = \frac{b}{L_N}; B = e^{-a}$$

应用简化符号,将式(23)写为

$$Y = K - AB^{t_i} \quad (24)$$

式(24)为指数函数的一种,可分成几段进行回归。假如按三段回归,将 $3n$ 数据对分为三段: $0 \leq t_i < n$, $n \leq t_i \leq 2n$, $2n \leq t_i < 3n$ 。与 t_i 相关的 y_i 之和可分段写为:

$$\begin{aligned} \sum_1 y_i &= \sum_{i=1}^n y_i; \sum_2 y_i = \sum_{i=n+1}^{2n} y_i; \\ \sum_3 y_i &= \sum_{i=2n+1}^{3n} y_i \end{aligned}$$

经回归:

$$B = \left(\frac{\sum_3 y_i - \sum_2 y_i}{\sum_2 y_i - \sum_1 y_i} \right) \quad (25)$$

$$A = (\sum_1 y_i - \sum_2 y_i) \frac{B-1}{(B^n-1)^2} \quad (26)$$

$$K = \frac{1}{n} \left[\sum_1 y_i + \left(\frac{B^n-1}{B-1} \right) A \right] \quad (27)$$

由式(25)、式(26)和式(27),得

$$a = -\ln B$$

$$L_N = 1/K$$

$$b = -\ln A$$

以上两种回归分析方法皆已编制出计算机程序,将 T 江 III 断面水样的连续 BOD_i 进行回归分析,结果如表 1:

表 1 的结果表明,用 S 曲线拟合 T 江水样的 NBOD 参数,对 y_2 而言相对偏差(平

表 1 T 江 III 断面用 S 曲线(第一种方法)进行第二阶段回归的结果

t	检测值 $y_{obs.}$	第一阶段 回归值 $\hat{y}_1$	$y_{obs.} - \hat{y}_1$	第二阶段 回归值 $\hat{y}_2$	$\hat{y}_2$ 的相对 偏差	回归 $\hat{y}_2$ 的残 差平方 R^2	混合回归值 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$	回归 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$ 的相对偏差	回归 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$ 的 残差平方 R^2
(日)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)		(mg/l)	(%)	
1	0.58	0.64							
2	1.13	1.09							
3	1.42	1.40							
4	1.65	1.62							
5	1.75	1.78							
6	1.90	1.88							
7	2.13	1.96	0.17	0.22	29.4	2.5×10^{-3}	2.18	2.35	2.5×10^{-3}
8	2.50	2.01	0.49	0.44	10.2	2.5×10^{-3}	2.45	2.00	2.5×10^{-3}
9	2.96	2.05	0.91	0.83	8.8	6.4×10^{-3}	2.88	2.70	6.4×10^{-3}
10	3.60	2.08	1.52	1.48	2.6	1.6×10^{-3}	3.56	1.11	1.6×10^{-3}
11	4.50	2.09	2.41	2.37	1.7	1.6×10^{-3}	4.46	0.88	1.6×10^{-3}
12	5.60	2.11	3.49	3.37	3.4	1.4×10^{-2}	5.48	2.14	1.4×10^{-2}
13	6.46	2.12	4.34	4.24	2.3	1.0×10^{-2}	6.36	1.55	1.0×10^{-2}
14	7.08	2.12	4.96	4.85	2.2	1.2×10^{-2}	6.97	1.55	1.2×10^{-2}
15	7.34	2.13	5.21	5.21	0	0	7.34	0	0
16	7.49	2.13	5.36	5.41	0.9	2.5×10^{-3}	7.54	0.67	2.5×10^{-3}
17	7.60	2.13	5.47	5.51	0.7	1.6×10^{-3}	7.64	0.53	1.6×10^{-3}
18	7.68	2.13	5.55	5.56	0.2	1.0×10^{-4}	7.69	0.13	1.0×10^{-4}
19	7.72	2.13	5.59	5.59	0	0	7.72	0	0
20	7.73	2.13	5.60	5.60	0	0	7.73	0	0
					平均值=4.46	$\Sigma R^2 = 5.53 \times 10^{-2}$		平均值=1.12	$\Sigma R^2 = 5.53 \times 10^{-2}$

均值) 为 4.46%, 若用一级反应回归则为 47.6%。对 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$ 而言, 其相对偏差(平均值) 仅为 1.12%。完全可以满足水质模型对 NBOD 参数的要求。

若采用第二种方法(l_N 未知)计算, $\hat{y}_2$ 的相对偏差(平均值) 29.2%, 不能满足要求。对 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$ 而言, 为 8.86%, 也不够理想。可是对 l_N 而言, 回归值的相对偏差仅为 0.18%。因此, 当不知道 l_N 时, 可用第二种方法得出 l_N 值, 然后再用第一法求出与不同时间相对应的 NBOD 值。

五、结果讨论

回归 CBOD 和 NBOD 参数的各种方法的优劣可由表 2 中看出。

NBOD 参数回归分析结果的比较列于表 3 中。

由分析结果看, 可对各种方法做如下评价:

1. 可用上述任一种方法回归 CBOD 参数, 但各种方法的效果不同。

对数差值法: 一般不能用 BOD 连续观测原始值进行回归, 即使数据经过预先的光滑处理, 仍得不出较好的拟合结果。并且计算上也较繁琐。

矩量法: 可得出较好的拟合, 其效果仅次于最小二乘法, 且计算方法较简单, 若手边已有连续 n 天的摩尔图, 可使用这种方法回归 BOD 参数, 但此法必须有连续 n 天的 BOD 数据。

Thomas 图解法: 这是一种近似方法, 拟合效果较差, 且需绘出时间 t 与 $(t/y)^{1/3}$ 的关系图。其计算比矩量法稍繁琐, 回归效果又比矩量法差。如具备条件, 不如采用矩量

表 2 CBOD 参数回归方法所得结果的比较

采样地点	回归方法	K_1 (d^{-1})	L_0 (mg/l)	相对偏差 (平均值) (%)	残差平方和* ΣR^2
京密引水河	对数差值法	0.135	1.56	5.90	1.78×10^{-2}
	矩量法	0.18	1.51	3.87	1.34×10^{-2}
	Thomas 图解法	0.15	1.63	5.10	2.43×10^{-2}
	最小二乘法 (I)	0.151	1.56	2.86	5.5×10^{-3}
	最小二乘法 (II)	0.163	1.5	2.36	3.17×10^{-3}
T 江 III 断面	对数差值法	0.174	2.03	3.92	9.26×10^{-3}
	矩量法	0.152	2.21	4.17	1.62×10^{-2}
	Thomas 图解法	0.137	2.02	10.39	1.50×10^{-1}
	最小二乘法 (I)	0.151	2.20	3.77	1.28×10^{-2}
	最小二乘法 (II)	0.155	2.14	3.01	6.90×10^{-3}

* 必须在同一基础上进行 ΣR^2 的对比。本表中以 6 组数据为基础。

$$\sum_{i=1}^6 R^2 = \left(\sum_{i=1}^n R^2 / n \right) \times 6.$$

表 3 NBOD 参数回归方法所得结果的比较

采样地点	回归方法	K_N (d^{-1})	L_N (mg/l)	第二阶段回归值 $\hat{y}_2$		混合回归值 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$	
				相对偏差 (%)	残差平方和 ΣR^2	相对偏差 (%)	残差平方和 ΣR^2
京密	最小二乘法 (II)	0.086	1.24	2.7	5.4×10^{-3}	0.66	5.4×10^{-3}
T 江 III 断面	最小二乘法 (II)	0.025	11.27	47.6	4.55	11.9	4.56
	S 曲线法 (I) (L_N 为已知)	—	5.60	4.46	5.53×10^{-2}	1.12	5.53×10^{-2}
	S 曲线法 (II) (L_N 为未知)	—	5.59	29.2	3.57	8.86	3.534

表中 y_1 皆为最小二乘法 (II) 所得结果。本表中皆以 13 组数据进行 ΣR^2 对比。

法。

最小二乘法：所得回归效果比其它方法皆好。用手算则此法费时较长。若有可编程序计算器或袖珍电子计算机，则最好采用最小二乘法。用前述两种最小二乘法程序回归 CBOD 参数，皆得出较理想的结果。

2. 在回归 NBOD 参数时，若 NBOD 在混合 BOD (CBOD + NBOD) 中所占比例不高的水样，可采用上述回归 CBOD 的方法。否则，按一级反应的指数规律进行回归分析，拟合效果极差。例如 T 江 III 断面这类受氮

污染稍重的河流水样，用最小二乘法回归 y_2 ，个别回归值的相对偏差竟高达 270.6%。可见这类传统的方法不能使用。使用笔者提出的 S 曲线计算机程序回归， $\hat{y}_2$ 相对偏差 (平均值) 为 4.46%，其 $\hat{y}_1 + \hat{y}_2$ 的相对偏差仅为 1.12%。当第一阶段 BOD 的缓滞期 (Lag Phase) 较长，过程线呈 S 形时，也可采用 S 曲线法。

六、结 论

1. 在环境工程和市政工程中确定 CBOD

参数(K_1 和 L_0) 是必要的。按手册或习惯在估算不同天数的 BOD 值、在应用水质模型进行运算时,若不经测定而假定 $K_1 = 0.1 \text{ 日}^{-1}$,或以 BOD_5 代替 BOD_0 (L_0),皆会造成很大的误差。

2. 由于氮污染的不断增长,硝化阶段的耗氧在不少水体中占相当高的比例,在建立水质模型时,势必考虑 NBOD 的参数(K_N 、 L_N)。因此,确定 NBOD 参数也是很必要的。

3. 在按化学反应动力学一级反应模式回归 CBOD 参数时,或者在 NBOD/CBOD 比值不高而回归 NBOD 参数时,建议采用以下方法:

(1). 当没有计算机时,可采用矩量法;

(2). 当有任何型号的电子计算机时,可采用最小二乘法。

4. 当 NBOD 在混合 BOD 中所占比例高,其过程线呈明确的 S 形时,按传统的一级反应模式进行回归分析,所得拟合结果不能使用。采用笔者编制的 S 曲线回归程序回归 S 形 BOD 过程线,可得出较理想的拟合效

果。

参 考 文 献

- [1] Reed, L. J., E. J. Theriault, *Journal of Physical Chemistry*, 35(3), 673—689 (1931).
- [2] Moore, F. W. et al., *Sewage and Industrial Wastes*, 22 (10), 1343 (1950).
- [3] Orford, H. E., W. T. Ingram, *Sewage and Industrial Wastes*, 25(4), 424 (1953); 25(5), 566 (1953).
- [4] Rhame, G. A., *ibid.*, 28(9), 1087 (1956).
- [5] Eckenfelder, W. W., Jr., *Water Quality Engineering for Practicing Engineers*, Barnes and Noble, New York, 1970.
- [6] U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water Programs, *Water Quality Studies Training Manual*, Cincinnati Ohio, 1971.
- [7] Sheehy, J. P., *Journal Water Pollution Control Federation*, 32(6), (1960).
- [8] Tsivoglou, E. C., *Oxygen Relationships in Streams*, Technical Report W58-2, Robert A. T. Sanitary Engineering Center, Cincinnati Ohio, 1958.
- [9] Ramalho, R. S., *Introduction to Wastewater Treatment Processes*, Academic Press, New York, 1977.
- [10] Nemerow, N. L., *Scientific Stream Pollution Analysis*, McGraw-Hill Book, Co., New York, 1974.

浙江省水土保持与生态环境

祁 宗 雄

(浙江省水利厅)

一

水土资源是人类生存的基本条件,是生态环境中的重要因素,也是人类进行各种经济活动的基础。生态环境一旦遭到破坏,水土流失殆尽,那就难以治理和恢复。水和土的经济价值是一个动态发展着的理论和实践概念,它既有直接效益,又有间接效益,不是用货币能完全表现出来的。但是,长期以来人们对水土的保护很不重视,往往重于利用

而忽视保护。水土流失问题,说到底是不合理利用水土资源引起的。当前有些人认为水土资源取之不尽,用之不竭,有些人只顾眼前利益,不顾长远利益,导致“越垦越穷,越穷越垦”的恶性循环。

浙江省地处亚热带,自然条件优越,资源丰富,动植物种类繁多,是祖国的一块宝地。近年来,由于人为破坏,水土流失日益严重。造成水土流失的主要原因是:(1)山区粮食不足,于是就毁林开荒,陡坡顺坡种植;(2)