

废水 BOD₅ 测定的探讨

于静洁¹, 顾国维², 池勇志¹, 孙力平¹, 王少坡¹

(1. 天津城市建设学院 环境与市政工程系, 天津 300384; 2. 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 文中通过理论推导说明了 BOD₅ (五日生化需氧量) 测定时应注意的问题, 同时指出, 为比较不同废水中可生化降解有机物的多少, 测得的 BOD₅ 与 UBOD (完全生化需氧量) 的比值应为 0.68 左右, 在此基础上才能可靠地计算 BOD₅/COD 的值, 进而判断废水的可生化性。最后, 文中以某工业废水 BOD₅ 测定为例, 对 BOD₅ 测定时需注意的问题进行了验证说明。

关键词: 废水; 五日生化需氧量; 完全生化需氧量

1 引言

20℃下, 测得污水的完全生化需氧量 (UBOD), 需历时 100 天以上^[1], 实际应用不可取, 故常用五日生化需氧量 (BOD₅) 作为衡量废水中可生化降解有机物的指标, 用 BOD₅/COD 值作为衡量废水可生化性的指标。一般认为 BOD₅/COD 大于 0.3 的污水才适于采用生化法处理^[1], BOD₅/COD 在 0.2 ~ 0.3 之间的废水可采用厌氧-好氧法处理, BOD₅/COD 小于 0.2 的废水可采用物化法处理。由此可见, BOD₅ 的测定关系到能否正确判断废水的可生化性, 进而可以影响到废水处理工艺的选择和设计。

2 理论推导

2.1 BOD₅ 与 UBOD 的比例关系

BOD 测定过程中, 任意时刻废水中剩余可生化降解有机物的氧化速率与剩余可生化降解有机物浓度的一次方成正比^[2], 所以可得到如下关系式:

$$-\frac{dBOD_t}{dt} = kBOD_t \quad (1)$$

式中 BOD_t — BOD 测定过程中, 某日废水中剩余的可生化降解有机物的量, 以氧当量表示, 即某日废水剩余生化需氧量, mg/L;

t — 时间, d;

k — 一级反应速率常数, 1/d。

由于 t=0 时, BOD_t=UBOD; t 趋向于无穷大时, BOD_t=0 mg/L, 所以对(1)式积分得:

$$BOD_t = UBOD(e^{-kt}) \quad (2)$$

式中 UBOD — 完全生化需氧量, mg/L。

而

$$BOD_t = UBOD - BOD_t \quad (3)$$

式中 BOD_t — BOD 测定至某日, 微生物消耗的可生化降解有机物的总量, 以氧当量表示, 即某日生化需氧量, mg/L。

将(2)式代入(3)式得:

$$BOD_t = UBOD(1 - e^{-kt}) \quad (4)$$

所以有:

$$\frac{BOD_5}{UBOD} = (1 - e^{-5k}) \quad (5)$$

由(5)式可知, 虽然 UBOD 难于测得, 但是可以用废水的 BOD₅ 值, 反映 UBOD 的大小。对于某一特定废水而言, UBOD 值是一定值, 而 k 值和 BOD₅ 值则随接种微生物的多少, 废水稀释倍数的大小等测定条件的变化而变化。即, 对某特定废水测其 BOD, 不同的测定条件下, 可以得到不同的 k 值和 BOD₅ 值, 如图 1 所示。

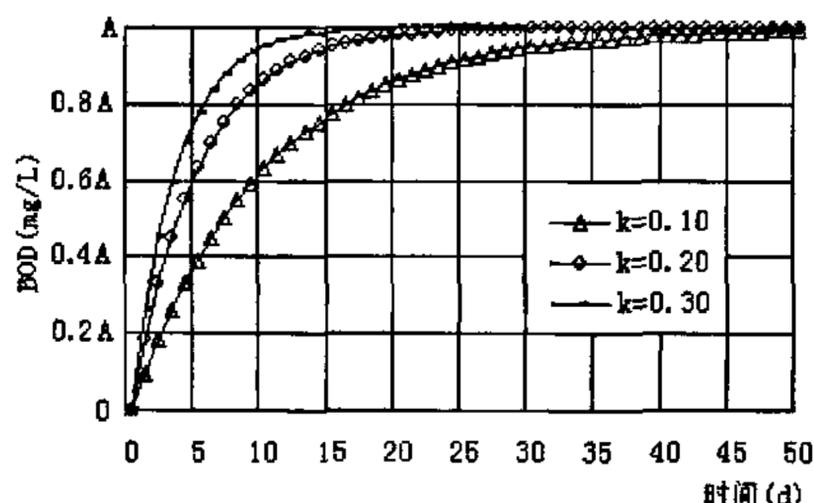


图 1 BOD_t、k 与 UBOD 关系示意图 (令 UBOD=A mg/L)

因此, 为了能够应用 BOD₅ 值比较不同废水中可生化降解有机物的多少, 并且, 为了能够有效判断废水的可生化性, 故对于各种废水最好使其测得的 BOD₅ 与 UBOD 的比值是一定值, 这样通过 BOD₅ 值的大小, 就可以估计 UBOD 的多少, 也只有这样不同种类废水的 BOD₅ 值, 及 BOD₅/COD 值才具有可比性。通常 20℃ 条件下, 废水典型 k 值为 0.23 d⁻¹ (以 e 为底时), 此时 BOD₅/UBOD=0.68。

2.2 BOD₅ 与 COD 的比例关系

有机物降解过程中, 可生化降解 COD (即 COD_{BO}), 一部分转化为微生物细胞 (Y_H × COD_{BO}), 另一部分被氧化为 CO₂ 和 H₂O (COD_{BO} - Y_H × COD_{BO})。转化为微生物细胞的可生化降解 COD, 其中一部分又通过内源呼吸等作用, 被氧化, 生成 CO₂ 和 H₂O (Y_H × COD_{BO} - f_D × Y_H × COD_{BO}), 另外一部分则成为不可生物降解有机颗粒 (f_D × Y_H × COD_{BO})。所以 COD_{BO} 并不等于 UBOD, 二者之间存在以下关系:

$$UBOD = (COD_{BO} - Y_H \times COD_{BO}) + (Y_H \times COD_{BO} - f_D \times Y_H \times COD_{BO}) \quad (6)$$

式中 f_D — 活性生物量中能够形成细胞残留物的比例, 对废水生物处理中常见的生物量而言, 其值约为 0.2 mg(残留物 COD)/mg(微生物 COD)^[3];

Y_H — 异养菌产率系数, 大量研究表明, 降解碳水化合物的好氧异养微生物而言, 其值一般在 0.46 ~ 0.72 mg(细胞 COD)/mg(基质 COD)之间^[3,4]。

(6)式整理后得:

$$COD_{BO} = \frac{UBOD}{1 - f_D Y_H} \quad (7)$$

将(5)式代入(7)式得:

$$COD_{BO} = \frac{BOD_5}{(1 - f_D Y_H)(1 - e^{-5k})} \quad (8)$$

由 k=0.23d⁻¹, f_D=0.2, Y_H=0.46 ~ 0.72, 可得 BOD₅/COD_{BO}=0.58 ~ 0.62。对某种特定废水其 COD 值 > COD_{BO} 值 > UBOD 值 > BOD₅ 值, 所以当(5)式中 k=0.23d⁻¹ 时, BOD₅/COD 应小于 0.62。

3 BOD 测定实例

某工业废水 COD=1765 mg/L，应用稀释接种法，连续 20 天测定其 BOD。测定时，接种微生物的量和废水的稀释倍数，按该工业污水处理厂化验部门的日常操作进行。实验前 10 天，每日测 BOD_t' 值，实验后 10 天，每隔一日，测 BOD_t' 值。所得结果见表 1 和图 2。

表 1 某工业废水 BOD_t' 测定结果

时间 (d)	BOD _t ' (mg/L)	时间 (d)	BOD _t ' (mg/L)
0	0	8	712
1	157	9	752
2	434	10	860
3	569	12	785
4	704	14	792
5	657	16	720
6	693	18	792
7	663	20	801

注：表中所示黑斜体数据为偏离正常趋势较大的数据点

其中 BOD₄'、BOD₇'、BOD₁₀'、BOD₁₆' 偏离正常趋势，故去除 BOD₄'、BOD₇'、BOD₁₀'、BOD₁₆' 四个点，利用剩余 12 个点，应用最小二乘法拟合曲线，求得 $k=0.38 \text{ d}^{-1}$ ，UBOD=798 mg/L。

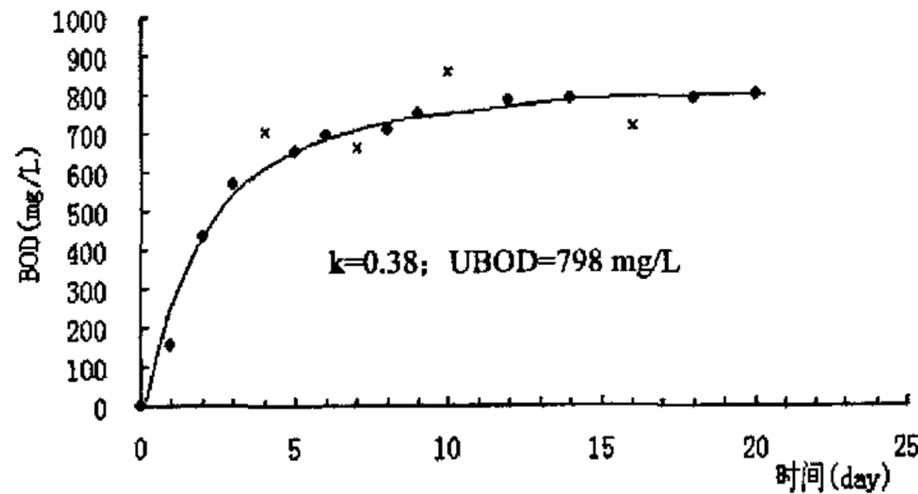


图 2 调节池出水 BOD_t' 测定结果图示

由表 1 中数据可知， $k=0.38 \text{ d}^{-1}$ 时， $BOD_5'/COD=0.37$ 。根据该值看，该种废水的可生化性尚可，但是实际处理过程中，该种废水要经厌氧水解—好氧—物化法一系列处理流程后，方能达到排放标准的要求（处理出水 COD 要求达到 180 mg/L）。

由于求得该种工业废水 UBOD=798 mg/L，若 $k=0.23 \text{ d}^{-1}$ 时， $BOD_5=543 \text{ mg/L}$ ，此时 $BOD_5/COD=0.30$ 。因此本文认为，该种废水的 BOD₅/COD 值应以 0.30 计。

4 结语

对于某一特定废水而言，UBOD 值是一定值，而 $BOD_5=UBOD(1-e^{-5k})$ 式中， k 值和 BOD₅ 值则随接种微生物的多少，废水稀释倍数的大小等测定条件的变化而变化。因此，为了能够应用 BOD₅ 值比较不同废水中可生化降解有机物的多少，并且为了能够有效判断废水的可生化性，对各种废水最好使其测得的 BOD₅ 与 UBOD 的比值是一定值。通常 20℃ 条件下，以 e 为底时，废水的典型 k 值为 0.23 d^{-1} 此，时 $BOD_5/UBOD=0.68$ ，并且此时 BOD₅/COD 应小于 0.62。

BOD₅ 实际测定过程中，如每次都按照“BOD 测定实例”中的过程，确定废水的 BOD₅，则耗时

很长, 并且工作量较大。所以, 建议测定某种废水 BOD 初期, 可以应用“BOD 测定实例”中的过程, 不断调整接种微生物量和废水的稀释倍数等测定条件, 最后使废水 BOD 测定过程中, 20℃条件下, 以 e 为底的一级反应速率常数稳定在 0.23 d⁻¹ 左右, 进而也就保证了废水的 BOD₅/UBOD 稳定在了 0.68 左右。或者测定某种废水 BOD 之初, 应用本文“BOD 测定实例”中的过程, 测得 20℃时, 某种测定条件下的 k 值, 之后求得 UBOD 值, 最后可以求得 k=0.23 d⁻¹ 时的 BOD₅ 值。

参考文献

- [1] 张自杰, 林荣忱, 金儒霖. 排水工程一下册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996, 6: 4
- [2] Ven Te Chow, Rolf Eliassen, Ray K Linsley. Wastewater engineering: treatment disposal reuse. America: Kingsport Press (Second Edition): 85
- [3] Grady Jr C P L, Daigger G T, Lim H C (著). 张锡辉, 刘勇弟, 译. 废水生物处理. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2003: 63, 27
- [4] Henze M, Gujer W, Mino T, Loosdrecht M. Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. IWA Publishing, 2000: 23

电话: 022-23786512

E-mail: yjj.mary@163.com