

参 考 文 献

- [1] 陆强国、环境科学, 6(2), 59(1985).
[2] 青木淳一,《土壤动物学》,北隆馆,东京, 1973.

- [3] 夏增禄等,环境科学学报, 1(5), 105(1985).
[4] 张友梅等,湖南师范学院学报 1(3), 90(1984).
[5] 张荣祖等,生态学杂志, 4, 23(1983).
[6] 陈 鹏等,地理科学, 2(3), 133(1983).
[7] 王振中等,湖南师范大学学报, 2, 83(1985).

光照对凤眼莲强化氧化塘处理废水 反应动力学的研究

区尹正 徐向阳

(浙江农业大学环保系)

氧化塘是低能耗、基建投资及运行管理费用较低的废水生物处理系统。因此,国内外研究报道很多,应用范围极广。但对于氧化塘的光效应及其基质降解动力学,特别是用动力学研究所获得的参数代替经验数据来进行氧化塘设计的研究报告甚少,为了加深对氧化塘机理的认识和促进氧化塘设计规范化,并为氧化塘工业化作准备,探讨塘内光照对基质降解动力学是必要的。

一、材料和方法

合成塑料板制成容积为

65 L(74.5 cm × 35 cm × 25 cm)

的容器六只,作模拟氧化塘,用近似太阳光波的日光灯代替自然光照。

取含有大量藻类的池塘水并加入适量的牧场污水、活性污泥及人工合成污水(COD 约为 300 mg/L)静置培养。几天后将其倒入上述容器中,并各加入等重量的凤眼莲,静置二天,然后启动高位槽,放出人工污水作动态模拟预试验,流量 $Q = 1.35 \text{ L/h}$,运行六天,使凤眼莲适应人工污水。此时光照度为 7000 Lx,光照时间 11 h/d,日平均温度为 23℃。

试验方法分下列几组:

1. 静态试验

均以一只容器灌满人工污水并加入定量凤眼莲,废水停留时间为四天。

A. 室外自然光照(光照度平均为 38000 Lx)

B. 室内自然光照(光照度平均为 8000 Lx)

C. 室内人工光照(光照度为 7000 Lx,光照时间分别为 6、8、10、12 h/d)。

2. 室内人工光照动态模拟试验

用三级串联完全混合流态系统,分别以 7000、6000、5000、4000、3000 Lx 光照,每级停留时间 2 天,并分别在 11 h 光照和 24 h 全日照下进行。

COD 测定用重铬酸钾法,光照度用 ST-II 型照度计测定。

二、结果与讨论

1. 自然光照静态试验 COD 降解动力学

自然光照下凤眼莲氧化塘 COD 去除*情况见表 1。

根据化学反应动力学原理,如反应动力学呈一级反应时, $\ln c_0/c_t$ — t 曲线为一直线;如属二级反应,则 $1/c_t$ — t 为一直线(c_0

* 作者在本文中将 COD 看作单项污染物。

表 1 自然光照下静态凤眼莲氧化塘 COD 去除结果

项 目	试验天数 (d)		0		1		2		3		4	
	光照条件*		A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
COD mg/L			340.9	340.9	278.7	276.8	143.1	195.4	114.0	131.0	100.4	130.5
COD 去除%			0	0	18.2	18.8	58.0	42.7	66.6	61.6	75.5	61.7
有机负荷 kgCOD/m ² ·d			0	0	0.0156	0.0160	0.0339	0.0204	0.0070	0.0160	0.0034	0.0001

* A₁ 为直射自然光 A₂ 为漫射自然光。

为初始 COD 浓度 (mg/L), c_t 为反应 t 天的 COD 浓度 (mg/L)。以表 1 数据分别作 $\ln c_0/c_t$ —— t 与 $1/c_t$ —— t 曲线 (见图 1, 2), 结果表明只有 $1/c_t$ —— t 为直线, 即在自然光照下 (包括直射光与漫射光) 静态试验凤眼莲氧化塘中, COD 降解均遵循着二级反应动力学进行。

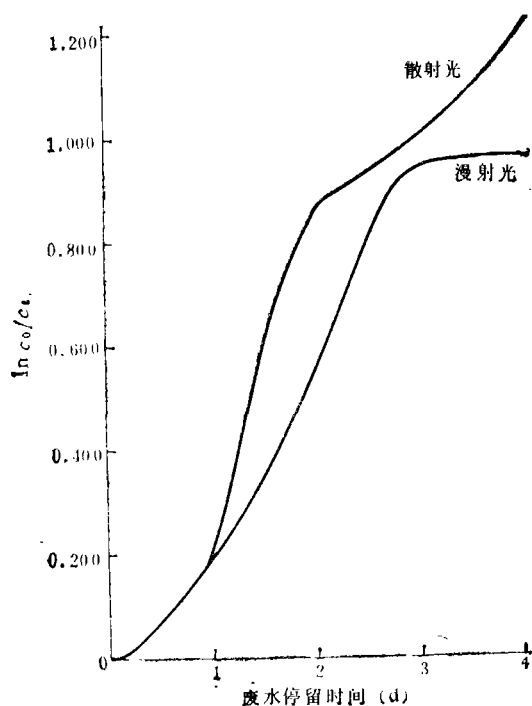


图 1 自然光照下静态模拟 COD 降解动力学

由图 2 求得两条直线的斜率, 也就是 COD 降解速率常数 K : 自然直射光

$$K = 1.8 \times 10^{-3} (\text{mg/l})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$$

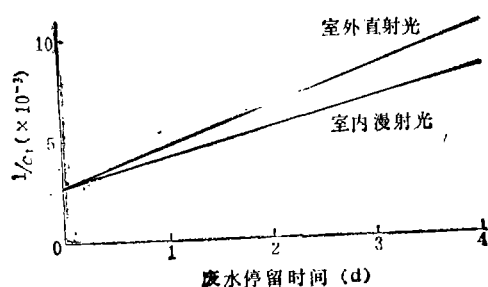


图 2 自然光照下静态模拟 COD 降解动力学

自然漫射光 $K = 1.35 \times 10^{-3} (\text{mg/l})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$

2. 相同光照度 (7000Lx) 不同光照时间静态试验 COD 降解动力学

同理, 根据实验所得数据分别作 $\ln c_0/c_t$ —— t 和 $1/c_t$ —— t 曲线 (见图 3、4), 结果表明在 7000 Lx 光照下, 光照时间分别为 6、8、10、12 h/d 的 COD 降解动力学均属于二级反应。

由图 3、4 求得不同光照时间 COD 降解

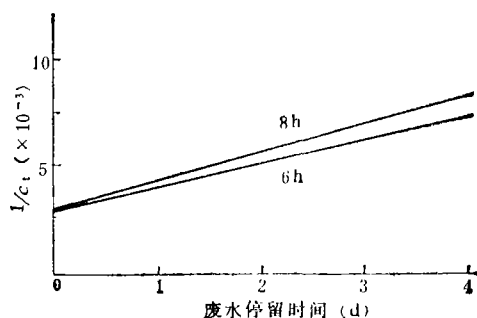


图 3 不同光照时间 COD 反应动力学

表 2 7000 Lx 光照度下不同光照时间的K值

项 目 \ 光照时间 (h)	6	8	10	12
K 值 [(mg/l) ⁻¹ ·d]	1.25×10^{-3}	1.50×10^{-3}	1.20×10^{-3}	1.45×10^{-3}

表 3 不同光照度和光照时间 COD 降解速率常数

项 目 \ 光照度 Lx	7000	7000	6000	5000	4000	3000
光照时间 (h)	11	24	24	24	24	24
K 值	0.325d^{-1}	0.430d^{-1}	0.310d^{-1}	$1.50 \times 10^{-3} (\text{mg/l})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	$1.40 \times 10^{-3} (\text{mg/l})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	$1.25 \times 10^{-3} (\text{mg/l})^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$

表 4 不同光照条件对 COD 降解动力学影响

试 验 条 件		COD 降解动力学
人工光照 动态模拟 试验	6000、7000 Lx 全日照	一级反应
	3000、4000、5000 Lx 全日照	二级反应
	7000 Lx 11 h 光照	一级反应
人工光照 静态试验	7000 Lx 6、8、10、12 h 光照	二级反应
自然光照 静态试验	直射光照 ($\bar{E} = 38000 \text{ Lx}$)	二级反应
	漫射光照 ($\bar{E} = 8000 \text{ Lx}$)	二级反应

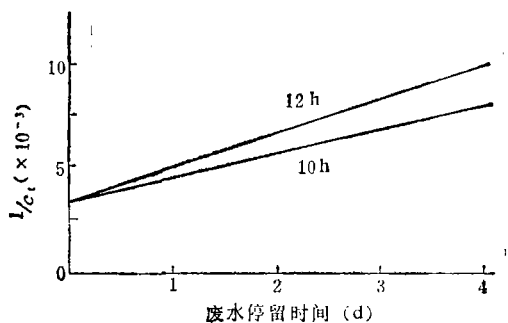


图 4 不同光照时间 COD 反应动力学

速率常数(表 2)

3. 不同光照度动态模拟试验动力学分析
以各试验组数据作图分析,知道 COD 降解动力学属一级反应的有 7000 Lx 11 h 光照和全日照、以及 6000 Lx 全日照;而 5000、4000、3000 Lx 全日照均属于二级反应。表 3 是它们的 K 值。

综合以上各项试验结果,不同试验条件的 COD 降解动力学见表 4。

从表 4 看到:凤眼莲氧化塘中 COD 反应动力学受光照度、水流态等因素影响显著,在静态试验中,无论光照度从 8000—38000 Lx 或在 7000 Lx 光照、每天光照时间从 6—12 h 条件下均属二级反应。故可推知静态试验反应动力学对光照度和光照时间不太敏感;动态试验对光照度则较为敏感,而对光照时间不敏感。

目前,在有关氧化塘设计研究报道中,大多采用一级反应数学模式求 K 值,如完全混合型氧化塘用

$$(S_0 - S_e)/S_e = Kt$$

或

$$S_e = S_0 / (1 + K_1 t) \cdot (1 + K_2 t) \cdots (1 + K_n t) \quad (1)$$

如推流式氧化塘用

$$\ln S_0/S_e = Kt$$

或

$$\ln S_0/S_e = (K_1 + K_2 + \cdots + K_n)t \quad (2)$$

(1)(2)式中 S_0 ——进水 BOD 浓度

S_e ——出水 BOD 浓度

$K, K_1, K_2, \cdots K_n$ ——反应
速率常数

t ——水力停留时间

式(1)是在完全混合系统反应器内基质物料平衡,和 Eckenfelder 的基质(BOD)降解动力学“二相说”理论上推导出来的。因而式(1)的使用是有条件的,即底物利用率遵循一级反应动力学, S_0, S_e 以 BOD 计算。但如果用 COD 代入式(1)是有问题的,因为在实际运行的氧化塘中, COD 降解遵循哪一级反应要受反应条件制约,同样,式(2)的应用也有其固有的条件。决定基质反应动力学,流态并非是唯一因素,其他因素也可以左右反应级数。故此,如用 K 值来设计氧化塘时,应对已知运行数据进行分析,判断其基质降解属于哪一级反应之后方可采用,如属二级反应可采用下列方程:

$$1/c_t = 1/c_0 + Kt$$

或

$$1/c_t = 1/c_0 + (K_1 + K_2 + \cdots + K_n)t \quad (3)$$

式中 c_0 ——进水 BOD 或 COD 浓度

c_t ——反应 t 天的 BOD 或 COD 浓度

K, t 同(1)(2)式、

至于一级反应采用的公式问题、我们认为 K 值与氧化塘系统的流态有关,但同一流态并不保证反应同属于一定级别的反应(见表4),所以 K 值与反应动力学的关系更为密切。既然式(1)、(2)均属于一级反应动力学,根据化学反应动力学原理,式(2)更符合客观实际。因此,无论是推流式还是完全混合式的氧化塘,只要是属于一级反应的,都可以用式(2)来求取 K 值。此时式(2)为

$$\ln S_0/S_t = Kt$$

或

$$\ln S_0/S_t = (K_1 + K_2 + \cdots + K_n)t$$

式中 S_0, S_t 分别代表进、出水的 COD 或 BOD 浓度。

4. COD 降解半衰期比较分析

根据基质反应半衰期公式,一、二级反应半衰期分别为

$$t_{1/2} = \ln \frac{2}{K}, \quad t_{1/2} = \frac{1}{c_0 K}$$

把试验结果之 K 值和 c_0 值(进水 COD 浓度)代入得各试验组的 COD 降解半衰期(见表5)。

从表5看出,在静态试验中半衰期最短的是 38000 Lx 11 h 光照,但在相近光照度(如 7000, 8000 Lx)中,以 8 h 光照时间为最优,亦即在 8 h 光照下得到比 8000 Lx 11 h 光照以及 7000 Lx 的 6、10、12 h 光照下更高的 COD 去除率。在此流态条件下不是光照时间越长净化效果越好。这与有关报道相一致。在动态试验中,在全日照时从 3000—7000 Lx 光

表5 各不同反应条件 COD 降解半衰期比较

流 态 光照度(Lx) 光照时间(h) 半衰期 $t_{1/2}(d)$	静 态 试 验						动 态 试 验					
	38000	8000	7000				7000		6000	5000	4000	3000
	11	11	6	8	10	12	11	24	24	24	24	24
	1.63	2.17	2.27	1.89	2.67	2.21	2.13	1.61	1.87	1.99	2.13	2.60

照度下,半衰期随光照强度以加而降低,即 COD 去除率随光照强度增加而增加。COD 降解半衰期与其反应动力学并没有明显的相关性。所以在设计氧化塘时,控制基质去除的最佳条件是必要的,而不必去控制条件来使其达到某一级动力学反应。

以上对于 COD 反应动力学问题是否同样适用于其他废水生物处理,还有待进一步深入探讨。如活性污泥法中底物浓度、MLSS、DO、温度及水力停留时间对反应动力学的影响等等。

三、小结

1. 本文讨论了不同光照度,不同光照时间与流态对凤眼莲强化氧化塘净化性能的影响。试验表明,随光照度增加,COD 去除率也将提高;同一光照度下,以全日照去除 COD 效果最好,而短日照(6,8,10,12 h/d)中 8 h 光照有较高的 COD 去除率。

2. 对 COD 降解动力学分析表明,光照度,水流态对 COD 降解动力学均有影响,提出了应以具体条件决定该氧化塘属于哪一级

反应动力学,从而根据反应级别来使用不同数学模式求出 K 值。

3. 提出采用 $\ln S_0/S_e = Kt$ 来求算一级反应动力学的 K 值。

4. 反应级别与 COD 降解半衰期没有明显相关性,故在设计氧化塘时只需控制基质去除的最佳条件,而不必控制使反应达到某一级的反应条件。

参 考 文 献

- [1] 区尹正等,环境污染与防治,3,8(1983).
- [2] 谢心义,环境科学,5(3),15(1984).
- [3] Uhlmann, D., et al., JWPCE 55(10) 1252 (1983).
- [4] 张自杰等,中国给水排水,1(1),38(1985).
- [5] Uhlmann, D. Water Research, 13(2), 193 (1979).
- [6] Kilan, J. S., Water Research, 18(8), 941(1984).
- [7] 区尹正,环境科学丛刊,6,25(1985).
- [8] 顾夏声,废水生物处理数学模式,第 42 页,清华大学出版社,1982 年.
- [9] 邢建等译,废水生物处理过程设计,第 338 页,中国建工出版社,1984 年.

底泥耗氧率的测试方法研究

詹朝坤 罗孟华 胡成宣

(四川省环境保护科研监测所)

底泥一般系指江河湖海的沉积物 (Sediment),是自然水域的重要组成部份。底泥耗氧 (Sediment Oxygen Demand, SOD) 是指底泥中有机物在微生物的作用下氧化分解;还原性物质,如二价铁、二价锰和硫化物等的化学氧化;以及其它底栖生物的呼吸耗氧。其表示方法,通常以在一定条件下,单位面积的底泥在单位时间内所消耗的溶解氧量,即

底泥耗氧率 (SOD Rates, $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$) 来表示。

底泥耗氧,尤其是有机沉积物的耗氧对水中溶解氧的影响很大。但迄今为止,对底泥耗氧仍无统一的标准测试方法。目前国外关于 SOD 的实验室测试方法归纳起来主要有两种体系: 闭合循环体系和开放流动体系。本文研究的测试方法属于闭合循环体