

稀释倍数影响 BOD 测定结果机理的探讨

韩相奎 周春生 董春兰

(吉林建筑工程学院)

摘要 本文探讨了稀释倍数影响 BOD 测定结果的生化机理。研究结果表明,稀释倍数不同所引起的 BOD 测定值不同的原因在于培养体系内食料微生物比 F/M 值的不同。在相同接种条件下,稀释倍数愈大,BOD 测定值和耗氧速率常数 K 值也愈大,而其 BOD_0 值基本不变。对标准葡萄糖-谷氨酸溶液来说,不同 F/M 值的两个培养体系的活菌总数峰值均在两日内出现,且 F/M 值大的其峰值相对滞后出现;细菌种群在内源呼吸期之前的耗氧速率较大,内源呼吸期的耗氧速率较小。

关键词 稀释倍数; BOD 测定; 食料微生物比。

生化需氧量(BOD)是指地面水水体中微生物分解有机化合物的过程中消耗水中溶解氧的量。目前,世界通用的 BOD 测定方法仍然是标准稀释法^[1],稀释的程度一般以经 5 天培养后,消耗的溶解氧占原有溶解氧的 40—70% 为宜^[2],耗氧过多或过少都会影响测定的准确度和精密度。为选取好稀释倍数,人们提出了许多计算公式和经验系数^[3],而对稀释倍数影响 BOD 测定结果的生化机理尚未见报道。

为了弄清稀释倍数影响 BOD 测定结果的生化本质,我们对不同稀释倍数下的 BOD 动力学过程和细菌增长过程进行了研究,探讨了稀释倍数对 BOD 测定值、耗氧速率常数 K 及细菌增长过程的影响,择有代表性结果报告如下。

一、实验部分

1. 仪器和试剂

仪器:生化培养箱、BOD 培养瓶、超净工作台和高压蒸汽灭菌器。

化学试剂与标准方法同。

2. 试验方法

(1) 稀释倍数对生活污水和制药废水中 BOD₅ 测定结果的影响,所用接种液为经驯

化的生活污水过滤液。

(2) 测定含葡萄糖和谷氨酸各 150mg/L 的标准溶液的 BOD 和活细菌总数。即在一定接种条件下,稀释倍数对 BOD 动力学过程和活细菌总数变化过程的影响。

所用接种液为经生物转盘处理过的综合污水过滤液。为保证对照试验的可比性,试验过程中采用一种稀释水,每批试验采用一种接种稀释水。培养过程中,前两日每 6h 进行一次取样测定,之后每 12h 进行一次取样测定,BOD 和活细菌总数的测定同步进行。BOD 用标准稀释法测定,保证第五日的剩余溶解氧不低于 1mg/L,活细菌总数用平板计数法测定^[4]。

二、结果和讨论

1. 稀释倍数对污水 BOD₅ 的影响

稀释倍数对耗氧百分数的影响示于图 1^[5],由图 1 可见,稀释废水样的耗氧在 40—80% 为宜,耗氧低于 40% 会使 BOD₅ 测定结果偏高,而高于 80% 则会使 BOD₅ 测定结果偏低。我们对生活污水和制药厂综合废水的研究结果(表 1)与上述结论基本相符。说明在标准稀释法条件下,稀释倍数过小则会使 BOD₅ 测定结果偏低,稀释倍数过大则

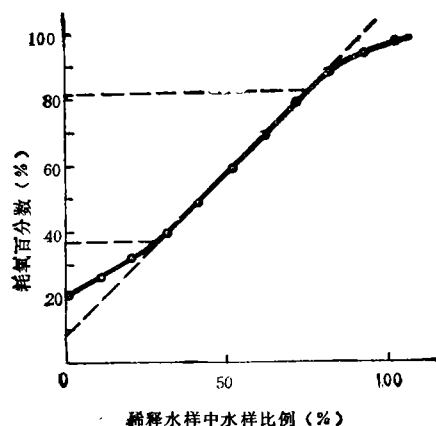


图1 BOD 测定计算的模式图

表1 稀释倍数对污水 BOD₅ 的影响

稀释倍数	生活污水		制药废水	
	BOD ₅ (mg/L)	耗氧(%)	BOD ₅ (mg/L)	耗氧(%)
20	128	89.3	166	94.4
25	142	79.9		
28.5	146	71.7		
33.3	141	61.0		
50	143	42.6	208	61.9
100			210	33.1
200	168	15.4	230	20.2
500	160	8.5	242	10.7

会使 BOD₅ 测定结果偏高。

2. 稀释倍数对 BOD 动力学的影响

在如表2所示的稀释和接种条件下，对葡萄糖-谷氨酸溶液进行了逐日 BOD 测定，其 1#—4# 水样的逐日 BOD 结果示于图2，用图2、3中数据以托马斯作图法对 BOD 一级动力学关系式 $BOD_t = BOD_u(1 - 10^{-Kt})$ 进行拟合^[5]，这里， BOD_t 为 t 时刻生化需氧量 (mg/L)； BOD_u 为总生化需氧量 (mg/L)； K 为耗氧速率常数 (d^{-1})； t 为时间 (d)。发现其托马斯图均为直线(图3、4)，说明在本试验条件下，BOD 服从一级动力学关系。对 $(t/BOD_t)^{1/3}$ 和 t 进行一元线性回归所得到的耗氧速率常数 K 、总生化需氧量 BOD_u 和相关系数 r 列于表3。

图2的 BOD 历时曲线表明，在同一试

表2 标准溶液的接种稀释情况

批号	样号	水样量 (mL)	接种量 (mL)	稀释后体积 (mL)
1	1#	5.00	1.00	1000
	2#	15.00	1.00	1000
2	3#	5.00	0.50	1000
	4#	30.00	0.50	1000

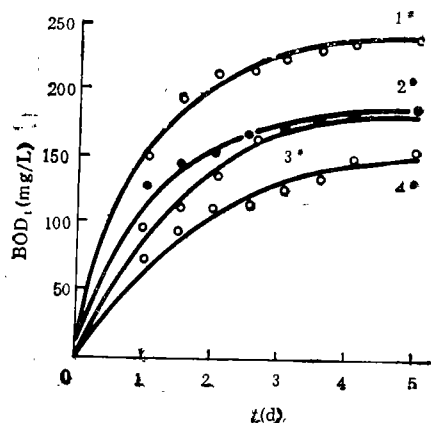
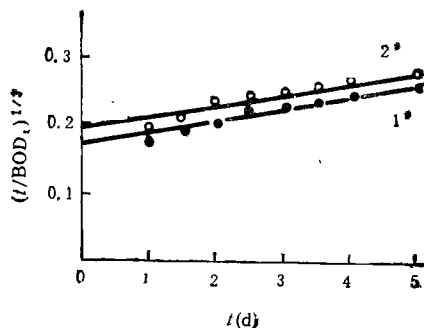
图2 1#、2#、3#、4#水样的 BOD_t- t 曲线

图3 1#、2#水样的托马斯图

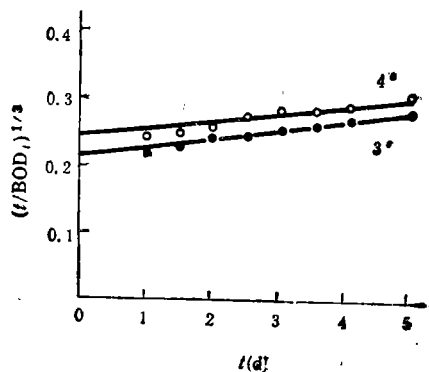


图4 3#、4#水样的托马斯图

表 3 K 、 BOD_0 、 r 一览表

样 号	1#	2#	3#	4#
$K(d^{-1})$	0.164	0.137	0.113	0.084
$BOD_0(mg/L)$	360	343	361	331
r	0.99	0.95	0.90	0.95

验条件下,高稀释倍数下的 BOD_t-r 曲线始终在低稀释倍数下的 BOD_t-r 曲线的上方,说明在各个时期,高稀释倍数下的 BOD 值都相应为大。表 3 中的数据表明,在同一试验条件下,高稀释倍数下的耗氧速率常数 K 值明显大于低稀释倍数下的耗氧速率常数 K 值,而其 BOD_0 值却比较接近。这一试验结果表明,在相同温度及环境条件下,不管稀释倍数相同与否, BOD_0 值基本不变。本试验条件下所得 BOD_0 均值为 $349mg/L$,约占葡萄糖、谷氨酸理论需氧量 $383mg/L$ 的 91%。

3. 稀释倍数对活细菌数的影响

图 5 为表 2 中 3#、4# 水样的活菌总数随培养时间变化的曲线。由图 5 可见,在两个稀释倍数下,活菌总数峰值均在两日内出现,且高稀释倍数下的活菌总数峰值出现更早些。低稀释倍数下的活菌总数峰值大于高稀释倍数下的活菌总数峰值,峰值后亦一直如此。

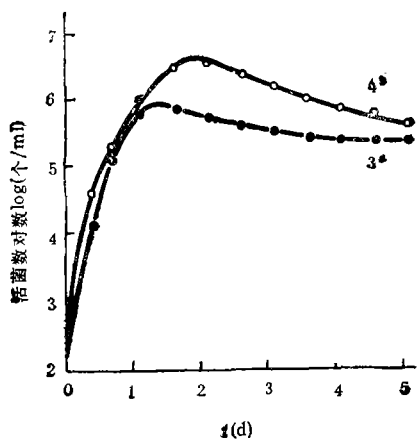


图 5 水样活菌总数随时间的变化

从图 2、5 可见,3# 样的活菌总数峰值约

在培养 1.5 日时出现,其 $BOD_{1.5}$ 为 $110mg/L$,占 BOD_5 $187mg/L$ 的 58.9%,其后的 3.5 日可视为内源呼吸期,耗氧量占 BOD_5 的 41.1%。4# 样的活菌总数峰值约在培养 2 日时出现,其 BOD_2 为 $104mg/L$,占其 BOD_5 $163mg/L$ 的 63.6%,其后 3 日为内源呼吸期,耗氧量占 BOD_5 值的 36.4%。由此可见,在培养体系内,5 日内的微生物耗氧主要发生在内源呼吸期之前,内源呼吸期的耗氧速率相对小些。

产生上述试验现象及结果的主要原因,是在温度、营养盐含量、pH 值等环境条件一致时,培养体系的食料微生物比 F/M 值对单元基质的细菌增长和耗氧速率起到了控制作用。当 F/M 值较小时,也就是在接种量不变而减少水样量时,单元基质的细菌增长速率增加,单元基质的耗氧速率和耗氧量亦增加, BOD_t 值相对为大。在这种条件下,细菌种群比较快地完成对数增长期和减速增长期,活细菌总数比较快地达到峰值,较早进入内源呼吸期(图 5)。而当 F/M 值较大时,单元基质的细菌增长速率和耗氧速率都相对低,单元基质的 BOD_t 值亦低。在这种情况下,细菌种群的对数增长期和减速增长期都相对为长,较迟进入内源呼吸期,5 日内所经历的内源呼吸期相对为短,单元基质的耗氧量相对为小,亦即 BOD_t 值相对为低。这就是在同一接种条件下,高稀释倍数时的 K 和 BOD_t 值都相对为大的原因。

三、结 论

试验结果表明,在温度、pH 值等不变的条件,稀释倍数不同所引起的 BOD 测定值不同的原因在于培养体系内食料微生物比 F/M 值的不同。在相同接种量条件下,高稀释倍数下的 BOD 测定值和耗氧速率常数 K 值明显高于低稀释倍数下的 BOD 测定值和耗氧速率常数 K 值。

(下转第 47 页)

放气中 C_6 浓度相对偏高, 膜的分离作用降低。这主要是由于在渗透气一侧, 随溶剂蒸气的不断透过, 溶剂蒸气逐渐积累, 使膜两侧溶剂蒸气压差减小, 而氮气在膜两侧的压差变化不大, 结果使溶剂渗透速率变小, 同时渗透气的浓度也减小。因此, 用膜分离技术分离和回收低浓度的有机溶剂蒸气, 在膜分离器的渗透气一侧抽真空是必不可少的。

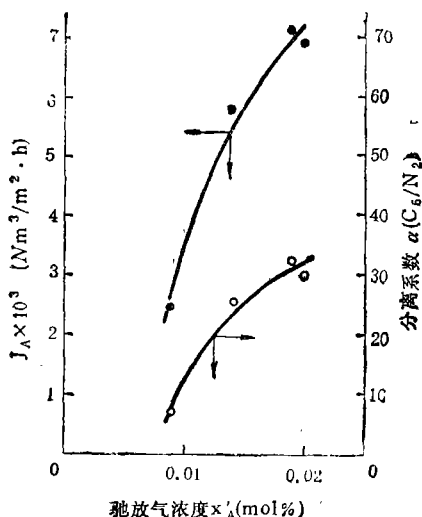


图 7 弛放气浓度、 C_6 渗透速率和膜分离器分离系数的关系

$$x_A^0 = 0.024 \text{ mol } P = 0.58 \text{ MPa}$$

三、结 论

通过对聚二甲基硅氧烷-聚砜中空纤维膜分离器分离氮气和正己烷混合气中正己烷蒸气的实验结果可知, 用膜分离技术回收工业废气中较高浓度的溶剂蒸气是可行的。本实验是用正己烷和氮气作为实验气体。虽然氮气在膜内的渗透系数基本与空气相同, 其它常用有机溶剂蒸气的渗透系数大于正己烷的渗透系数, 但本膜分离技术还是能够从废气中回收氯仿、丙酮、二硫化碳、烷烃、芳烃等渗透系数大的有机溶剂蒸气。把膜技术处理后的低浓度的弛放气再用吸附法进一步分离, 在满足废气排放标准的情况下, 可降低处理费用。

参 考 文 献

- [1] Michaels, A.S., *Desalination*, 77(1/3), 5(1990).
- [2] Tusel, G. F. and Bruschke, H. E.A., *Desalination*, 53(9), 327(1985).
- [3] Blume, I. et al., *J. Membrane Sci.*, 49(3), 253(1990).
- [4] East, G. C. et al., *Membranes in Gas Separation and Enrichment*, Fourth Boc Priestley Conference, pp.130—157, The Royal Society of Chemistry, Burlington House, London, W1V 0BN, 1987.

(收稿日期 1990 年 12 月 28 日)

(上接第39页)

对照试验表明, 对标准葡萄糖-谷氨酸溶液来说, 不同 F/M 值的两个培养体系的活菌总数峰值均在两日内出现, 且 F/M 值大的其峰值相对滞后出现。

在 BOD 测定条件下, 细菌种群在内源呼吸期之前的耗氧速率较大, 而在内源呼吸期的耗氧速率相对较小。

在同一培养温度等环境条件下, 尽管培养体系的 F/M 比值不同, 但总生化需氧量 BOD₀ 值基本不变。

参 考 文 献

- [1] 宋仁元等译, 水和废水标准检验法, 第 444—449 页, 中国建筑工业出版社, 北京, 1985 年。
- [2] 陈美芳, 环境污染与防治, (2), 22(1987).
- [3] 于慧娟, 环境杂志, 7(3), 31(1987).
- [4] 王家玲, 环境微生物学实验, 第 131—134 页, 高等教育出版社, 北京, 1985 年。
- [5] 福永 勳, 用水と废水, 22(12), 1381(1980).
- [6] 严忠祺等译, 废水处理概论, 第 48—56 页, 中国建筑工业出版社, 北京, 1982 年。

(收稿日期 1990 年 12 月 18 日)

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

A group of silver sulfide electrode combined in series was applied to determine sulfide ion in wastewater. The experimental results show that the series combination of the electrodes greatly improved the accuracy and precision. The relative deviation is smaller than 2.5% and the recoveries are in the range of 97.5—101.7%.

Key Words: sulfide ion selective-electrode; sulfide ion.

Biochemical Mechanism of Influence of Dilution Multiple on BOD Measurement. Han Xiangkui, Zhou Chunsheng, Dong Chunlan (Jilin Architectural and Civil Engineering Institute): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 37—39

This paper discusses the biochemical mechanism of the influence of dilution multiple on the results of BOD measurement. The research show that the cause that dilution multiple influences BOD measurement results is the difference in the ratios of food to microorganism (F/M) in incubation systems. Under the same seeding condition, the greater the dilution multiple, the greater BOD and the constant of oxygen consumption rate would be, while BOD_u would basically keep constant. Further research results for the standard solution containing glucose and glutamic acid show that the peak values of active bacterial counts in both systems of different F/M values appeared in two days and the peak values of the system of higher F/M ratio appeared later than the other system. The oxygen consumption rate of bacterial population before endogenous phase is greater than that measured during the endogenous phase.

Key Words: dilution multiple; BOD; food microorganism ratio.

Linear Regression Method for the Determination of both Longitudinal Dispersion Coefficient and Transverse Mixing Coefficient of River by Instantaneous Dumping Tracer Test. Zhang Jiangshan (Institute of Environmental Science of Fujian Normal University): *Chin. J. Environ. Sci.* 12(6), 1991, pp. 40—43

Starting from the equation for two-dimensional concentration distribution of instantaneous dumping, a linear equation $Y = AT + B$ was mathematically deduced, in which variables Y and T can be expressed with t , c , and C_0 , while coefficients A and B are composed of parameters of D_x and D_y to be determined, longitudinal and transverse flow velocities of the river u and v as well as the coordinates of the observation point X and Y . Through

linear regression, A and B can be determined from C_i and T_i , the observed experimental data. Then D_x and D_y can be calculated by solving the equation.

Key Words: river water quality model; longitudinal dispersion coefficient; transverse mixing coefficient.

Recovery of Organic Vapors with Composite Hollow Fiber Membrane. Wang Dongliang, Yin Guilin, Ma Miaojiang, Zhang Guihua, Xu Renxian, Jiang Guoliang (Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 44—47

Polydimethylsiloxane-polysulfone composite hollow fiber membrane was prepared by the novel phase inversion process and coating process. A hollow fiber module with 10 mm in diameter and 500 mm in length was built, with which hexane vapor was removed from nitrogen stream. The effects of pressure, feed concentration and nonpermeable flux on the concentration of hexane in the permeable and nonpermeable streams, the hexane permeability flux and the separation factor for hexane and nitrogen were investigated. The results indicate that the composite hollow fiber membrane may efficiently recover organic vapors from air.

Key Words: composite hollow fiber membrane; organic vapors.

Study on the Chemical Treatment of Straw Pulp Effluent-Black Liquor Zhou Zhiliang, Yang Jinquan, Zhao Xiangyi (Department of Environmental Protection, Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy, Changsha): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(6), 1991, pp. 48—51

Silicon in the black liquor was firstly removed by coagulation and centrifugation and lignin was separated from the black liquor with acidification-precipitation. The study also focused on the removal of COD of the lignin free black liquor by coagulation and catalytic oxidation. Experimental results indicate that the technique mentioned above can effectively treat straw pulp effluent-black liquor. COD Value of the treated water can be less than 300mg/L and lignin can be recovered as by-product.

Key Words: straw pulp effluent-black liquor; acidification-precipitation; coagulation; catalytic oxidation;

Calculation and Determination of Biomass