

治理技术

利用光合细菌柱式生物膜法处理淀粉废水

王宇新 许 平 钱新民

(山东大学微生物研究所, 济南 250100)

摘要 利用连续化处理工艺, 在适宜条件下当稀释率 $D=0.33\text{h}^{-1}$ 时, 最大 COD 容积负荷 $P=15.84\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$; 当回流比 $\alpha=0.2$, 稀释率 $D=0.35\text{h}^{-1}$ 时, 最大 COD 容积负荷 $P=21.8\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。该法所得到的菌体污泥可作为饲料添加剂, 具有较大的经济效益。

关键词 光合细菌, 生物膜法, 废水处理, COD 容积负荷。

本世纪 70 年代日本的小林正泰, 北村博在研究各种有机废水自然净化时揭示了光合细菌的重要作用^[1]。此后利用光合细菌对高浓度有机废水进行有效处理及菌体利用方面的工作发展迅猛, 取得了可喜的成果。不仅有大规模实际运转的实例也有许多有关的专利发表, 这些报道中光合细菌处理阶段均为槽式分批处理或多级槽式半连续处理方式。^[2-4]

本文通过利用光合细菌柱式生物膜法连续处理淀粉废水工艺的研究, 不仅设备利用率、处理效率大为提高。同时利用连续培养稳态条件下工艺参数的测定, 得出最佳处理条件: 连续处理稀释率 $D=0.35\text{h}^{-1}$ 时, 最大 COD 容积负荷为: $P=21.8\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 光合细菌菌泥得 5—7g/L。

1 材料与方法

1.1 菌种

3 株光合细菌为本室从济南淀粉厂筛选得到, 分别为 *Rhodobacter Sphaeroides* 3[#], *Rhodobacter Palustris* 7[#], *Rhodobacter Capsulata* 9[#]。

1.2 废水来源

济南淀粉厂外排废水。

1.3 实验装置(见图 1)

柱式反应器为透光聚氯乙烯柱, 直径 10cm,

柱高 100cm, 柱内装有软性纤维填料, 柱底部设有曝气管, 由无油压缩气泵定时通气, 以电子时间继电器控制通气时间。可调输液泵控制废液流量。返送培养槽为透光玻璃槽, 光照培养, 最适光照强度为 2000lx (白天可用日光, 夜间用 500W 碘钨灯), 最适处理温度为 $30\text{C} \pm 2\text{C}$ 。

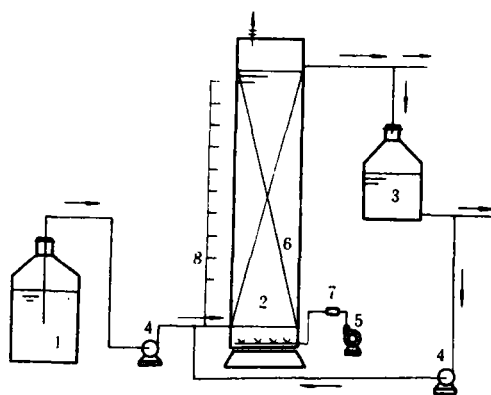


图 1 废水处理装置

1. 贮液槽 2. 柱式反应器 3. 返送培养槽
4. 可调输液泵 5. 无油压缩气泵 6. 软性纤维填料
7. 气体流量计 8. 光源

1.4 测定方法

(1) 菌体浊度(A660): 波长 660nm 处的吸光度

(2) COD、BOD₅ 及 SS: 按文献[5]方法。

(3) 总氮的测定: 凯氏定氮法^[6]。

(4) 残糖的测定: DNS 法^[6]。

(5) 活菌计数: 据《水与废水国际标准分析法》第 14 版(1975 年)中最大可能数(MPN)法测定技术, 用 RCVBN 培养基^[7]在光照厌氧条件下, 28℃ 培养两星期计光合细菌数; 用 YP 培养基^[8]普通平板稀释法, 28℃ 培养 3d, 计异养菌数。

1.5 挂膜与驯化

在装有填料的柱内打入 RCVBN 培养基, 以 20% 的接种量接入混合好的光合细菌, 2000lx 光照, 28℃ 培养 3d, 在软性填料纤维上附着了一层均匀的光合细菌, 形成生物膜, 以较低的稀释率进培养基和淀粉废水的混合液, 废水占的比例逐

渐增大, 最后全部进废水。

2 结果与讨论

2.1 淀粉废水处理条件的确定

2.1.1 淀粉废水的水质情况(表 1)

表 1 淀粉废水的水质指标

COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	残糖 (mg/L)	总氮 (mg/L)	pH
3960	4120	1720	650	1280	5.0

由于废水的 BOD₅ 较高, 说明可生化性较强, 因此只调 pH 至 6.5—7.0, 即可用光合细菌进行处理。

2.1.2 单一菌及混合菌对淀粉废水处理效果(表 2)

表 2 处理效果比较

处理时间	测定项目	<i>R. sphaeroides</i> 3 ^u	<i>R. palustris</i> 7 ^u	<i>R. capsulata</i> 9 ^u	混合菌
2d	COD(mg/L)	1736	1987	1453	1433
	A(660)	0.87	0.73	0.89	0.97
15d	COD(mg/L)	735	937	766	435
	A(660)	1.13	1.07	1.18	1.29

以上处理条件为光照 2000lx, 30℃, 接种量均为 10% (混合菌为 3 种菌各接 3.3%)。上述结果表明混合菌的处理效果优于单一菌, 主要由于混合菌能利用的有机质范围更广, 使有机质的利用率和转化率提高, 因此选用混合菌对废水进行处理。

2.1.3 不同光照、溶氧条件下光合细菌对淀粉废水的处理能力(图 2)

由图 2 可见, 光照好氧和光照微好氧条件在处理废水时有较高的 COD 去除率, 且光照微好氧条件下光合细菌的生长优势易于保持, 因此本实验中选择光照微好氧作为光合细菌生长的最适条件(溶氧值在 0.2—0.3mg/L), 测定其最佳处理参数。但在实际应用中, 由于能源和设备等的限制, 也可采用黑暗好氧工艺进行处理。

2.2 废水处理中光合细菌的优势度

为了摸清光合细菌的生长优势, 做下列实

验: 在光照微好氧条件下, 向已驯化好的光合细菌膜反应器中连续进淀粉废水, 用前述测定方法中的活菌计数法分别作光合细菌和异养菌活菌计数: 总异养菌数 6.32×10^9 个/ml; 光合细菌数 5.50×10^9 个/ml, 光合细菌占总异养菌数的 80% 以上, 可以认为光合细菌保持了较大优势。

2.3 利用柱式生物膜反应器处理淀粉废水

2.3.1 不同稀释率对 COD 容积负荷的影响(图 3)。

由图 3 可知, COD 容积负荷最大时, $P = 15.84 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, $D = 0.33 \text{ h}^{-1}$, COD 去除率 $\eta = 58\%$ 。要提高 COD 去除率可增大处理柱的容积以延长废水的停留时间, 但这并不是一种经济和高效率的措施。既要保持较高的稀释率又要得到较高的 COD 去除率, 这就要求整个处理系统有较高的菌体浓度, 靠加大接种量是不现实的, 仅靠固定在膜上的菌也是不够的; 因此增加一个

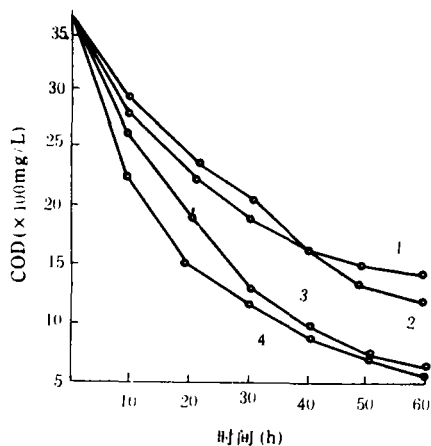


图 2 不同光照溶氧条件下的处理能力

1. 光照厌氧 2. 黑暗好氧 3. 光照微好氧 4. 光照好氧

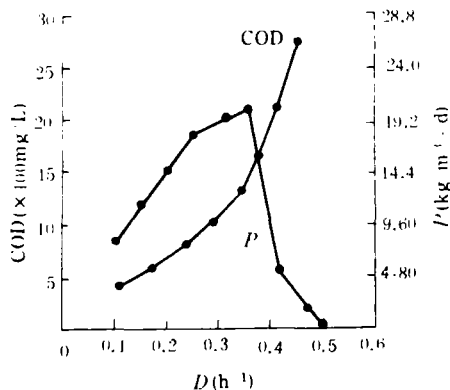


图 3 不同稀释率的处理效果

$$\text{稀释率 } D(\text{h}^{-1}) = \frac{\text{连续进废水的流速}(\text{m}^3/\text{h})}{\text{柱式反应器的有效容积}(\text{m}^3)}$$

$$\text{COD 容积负荷 } P(\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

$$= \frac{(\text{原水 COD 值} - \text{处理后 COD 值}) \times \text{稀释率} \times 24}{1000}$$

返送培养槽,流出液的一部分进入该槽,给予适合光合细菌生长的条件,再返送到柱中,增加了液相中菌体浓度。

2.3.2 利用带返送培养槽的装置处理废水

(1)不同回流比对 COD 容积负荷的影响(图 4)

由图 4 可知回流比对 COD 容积负荷影响较大,回流比过大会造成废水在系统内无效循环;过小则不能保证系统内较高的菌体浓度。因此选用 $\alpha=0.2$ 作为废水处理的回流比。

(2)以回流比 $\alpha=0.2$ 处理淀粉废水(图 5)

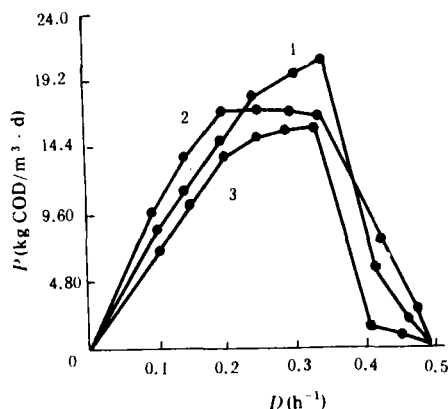
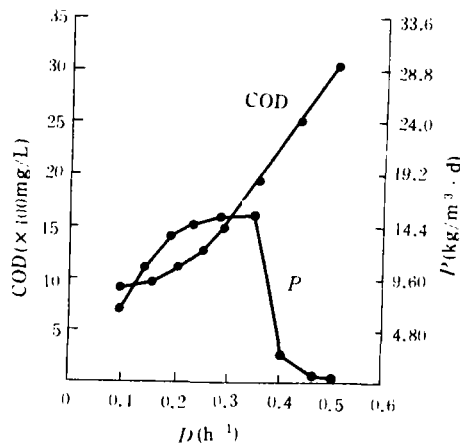


图 4 不同回流比对 COD 容积负荷的影响

1. 回流比 0.2 2. 回流比 0.5 3. 回流比 0

图 5 不同稀释率对 COD 值及 COD 容积负荷的影响($\alpha=0.2$)

由图 5 可得出当回流比 $\alpha=0.2$ 时,COD 容积负荷最大为 $P=21.8\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,这时稀释率 $D=0.35\text{h}^{-1}$,COD 去除率达 67.5—70%。由于原废水 COD 偏低,因此处理效果尚不够理想,若废水浓度较高的情况下,则能得到较好的处理效果。

3 结论

利用光合细菌柱式生物膜法处理废水,首先利用了光合细菌独特的生理特性,即在光照好氧、光照厌氧、黑暗好氧等条件下均能生长、代谢

有机质;设计了适合于光合细菌生长的处理装置,该装置适合于光照(可利用日光),内部的纤维性填料为光合细菌提供了附着的场所;返回柱中的菌液大大增加了液相中的菌数,使整个处理系统中光合细菌菌体浓度较大,保持了光合细菌的优势生长;所得到的菌体污泥可作饲料添加剂,即减少二次污染,又带来经济效益。

在废水处理中,以下几个问题值得注意:

(1)从实验结果可以看出利用光合细菌柱式生物膜法处理淀粉废水具有较高的去除效率,有机负荷也较高,但出水的 COD 仍在 1000mg/L 左右。在实际应用中发现光合细菌处理较高浓度有机废水时,COD 去除效率很高,能在短时间内使 COD 降至 1000mg/L 左右,如果继续处理 COD 降至 300mg/L 以下,则需增加几倍长的时间。因此从实际应用的角度出发,高浓度有机废水的处理可先用光合细菌法大幅度降低 COD,再用其它方法进一步处理。

(2)本实验所选废水可生化性较强,较适于光合细菌生长。用该方法处理其它废水时要先对废水水质进行认真考察,若污染物主要为大分子的脂肪、蛋白质类物质可考虑先进行可溶化处理或用物化法处理,再用光合细菌法处理。另外,无论处理哪种废水驯化均很重要,可使光合细菌耐受和代谢有机质的能力都有所提高。

参 考 文 献

- 1 Kobayashi M and Y T Tchan. *Water Resource*. 1973, **7**, 1219
- 2 小林达治. 发酵と工業. 1978, **36**(7):574
- 3 小林正泰. 发酵と工業. 1978, **36**(9):753
- 4 史家梁等. 环境科学研究. 1979, **2**:17
- 5 污染源统一监测分析方法编写组. 污染源统一监测分析. 北京:技术标准出版社, 1983:122, 127, 25
- 6 北京大学生物系生物化学教研室编. 生物化学实验指导. 北京:高等教育出版社, 1988:22-87
- 7 Weaver P F et al. *Arch. Microbiol.* 1975, **105**:207

(上接第 26 页)

参 考 文 献

- 1 Nillson N J. *Learning Machines*. New York: Mc Gran Hill, 1965:17
- 2 Batchelor B G. *Pattern Recognition - Idea in Practice*. New York: Plenum Press, 1978:23
- 3 Jurs P C et al. *Chemical Applications of Pattern Recognition*. New York: John Wiley and Sons, 1975:137
- 4 Voorhees K J et al. *Anal Chem*, 1985, **57**:1630
- 5 Wold S et al. In *Chemometrics: Theory and Application - ACS Symposium Series 52*, Washington D C, 1977:278
- 6 Wold S, J. *Pattern Recognition*, 1976, **8**:127
- 7 Albano C et al. *Anal Chim Acta*, 1978, **103**:429
- 8 Wold S et al. *Chemometrics - Mathematics and Statistics in Chemistry*. New York: Reidel D Publishing Company, 1984:17

- 9 Dunn W J III et al. *Analysis*, 1984, **12**:477
- 10 Lindberg W et al. *Anal Chem*, 1983, **55**:643
- 11 Dunn W J III et al. *Bioorganic Chemistry*, 1981, **10**:29
- 12 Dunn W J III et al. *J Chem Int Comput Sci*, 1981, **21**:8
- 13 Staling D L et al. *Environmental Applications of Chemometrics*, ACS, Washington D C, 1985:1
- 14 Scott D R. *Environmental Application of Chemometrics*, ACS, 1985:106
- 15 Varmuza K. *Computer Application in Chemistry*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B V, 1983:78
- 16 Arcos J C. *Environ Sci Technol*. 1987, **21**:743
- 17 Dunn W J III et al. *Environ Sci Technol*. 1989, **23**:1499
- 18 Scott D R. *Anal Chim Acta*, 1988, **211**:11
- 19 Brown S D. *Anal Chem*. 1990, **62**:84R-101R
- 20 殷龙彪. 分析化学. 1992, **20**(2):137
- 21 Bos A et al. *Anal Chim Acta*, 1992, **256**:133

al. (Institute of Microbiology, Shandong University, Jinan 250100); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14** (5), 1993, pp. 39—42

Starch waste water was continuously treated by a columnar biofilm reactor. High COD volume load can be reached under the optimum operation conditions; when D_m is $0.33h^{-1}$ the maximal COD volume load is $15.84kgCOD/m^3 \cdot d$ (without backwash). When the backwash rate is 0.2, and the D_m is $0.35h^{-1}$, the maximal COD volume load is $21.8kgCOD/m^3 \cdot d$. Not only can the pollution of waste water be eliminated effectively but the bacterial mud is also an important source of feed additive.

Key words: photosynthetic bacterium, biofilm method, waste water treatment, COD volume load, backwash rate, dilution rate.

Studies on the Application of packed — bed Reactors in Advanced Treatment of Secondary Effluent. Liu Xibo (Department of Environmental Engineering, North China Institute of Electric power, Baoding 071003); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(5), 1993, pp. 43—46

The study mainly relates to the packed — bed reactors (PBR), their removal efficiency of COD, SS, NH_3-N and their affecting factors when applied to the advanced treatment of secondary effluent. The following technology process is recommended for effluent reuse: secondary effluent $\rightarrow$ UP — flow PBR $\rightarrow$ dual — filter medium filter $\rightarrow$ for reuse. The removal efficiencies of COD, SS and NH_3-N by this technology process are 42.5%, 92.3% and 52.6%, respectively. The effluent of the recommended technology process may be used as various domestic water, production process water, recycling cooling water, etc.

Key words: packed — bed reactor, water reuse, advanced wastewater treatment.

Removal of Recalcitrant Organic Compounds in Hydrolysis Tank-Stabilization Pond System. Tao Tao (Wuhan Urban Construction Institute, Wuhan 430074); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(5), 1993, pp. 47—50

Recalcitrant organic compounds are a limiting factor that reduces efficiency of wastewater treatment process. In order to remove the refractory organics effectively, shorten retention time of stabilization pond and decrease land occupied, a technological system, a hydrolysis tank — stabilization pond (HTSP) system is proposed. The result of

GC/MS test shows that large molecular organics were transformed into low organic molecules in the hydrolysis tank. Therefore, the degradation of wastewater in stabilization pond was accelerated. Land occupied of the HTSP system was 50% less than that of a primary settling tank — stabilization pond (STSP) system. The studies were also conducted on the removal of $CHCl_3$, $C_2H_2Cl_2$, $C_2H_4Cl_2$ and CCl_4 in the HTSP system. The experiments indicate that the processes of reduction dehalogenation occurred in the hydrolysis tank and volatilization was the main way to remove halohydrocarbon in stabilization pond.

Key words: hydrolysis tank, stabilization pond, recalcitrant organic compound, retention time, halohydrocarbon.

The Applications and Perspectives of Immobilized cells in the Biological Treatment of Wastewater. Zhou Ding et al. (Department of Applied Chemistry, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14** (5), 1993, pp. 51—54

This paper deals with the development process of the applications of immobilized microorganisms in the wastewater treatment. The applications of immobilized cell techniques for wastewater treatment, including removal of BOD, nitrification — denitrification, degradation of phenol and cyanide, removal/recovery of the heavy metals and the decolorization of dyeing wastewater, etc., were reviewed. Finally, the perspective of the applications of immobilized cells in the biological treatment of wastewater was evaluated.

Key words: immobilization, immobilized cell, biological treatment of wastewater.

Methodology on Environmental Zoning — A Case Study of Beijing Environmental Zoning. Jiang Lin, Zhao Tongrun (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(5), 1993, pp. 55—59

The basic theory, principles and methods of environmental zoning (or environmental regionalization) are presented, and a system of Beijing environmental zoning is also given in this paper.

Key words: environmental zoning, Beijing.

The Study on the Sand — Dust Storms in Northwest China Region and the High — altitude Transportation Path of the Kosa Aerosol. Quan Hao (China-Japan Friendship Environmental Protection Centre, Beijing 100029);