

厌氧塘模型试验阶段报告

杨 共 王宝贞 刘润芬 隋 军 祁佩时

(哈尔滨建筑工程学院)

厌氧塘中的有机物降解过程同常规消化池中的消化过程有相似之处,但是二者的物理、化学及生态环境有着很大的差别,而厌氧菌,主要是甲烷菌对这些条件十分敏感。一些专家从不同的厌氧塘中得到的结果以及他们提出的厌氧塘的设计参数相差很大,说明决定厌氧塘效率的一些内在的和环境的因素及其相互联系仍需要更深入地考查和探索。

一、试验模型

厌氧塘的动态试验在两个用聚氯乙烯板制作的矩形断面的厌氧塘模型中进行。模型的有效深度均为 3.5m。每个塘的容积为 180l,进水通过底部的设有穿孔板的进水室流入塘内。整个模型放在一个 3.3m 深的控温水浴中。为了寻求强化厌氧塘的途径,在其中一个模型中悬挂了玻璃纤维束作为微生物载体。

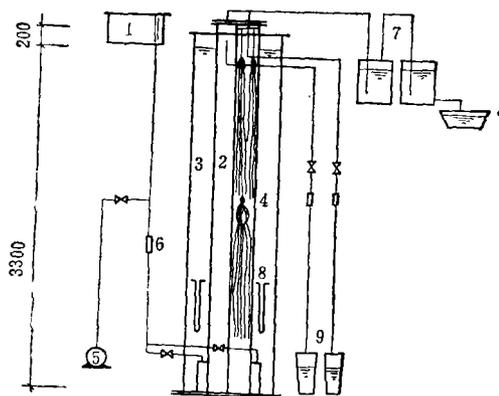


图1 厌氧塘模型试验流程(单位: mm)

1. 配水箱; 2. 厌氧塘; 3. 水浴; 4. 纤维; 5. 泵;
6. 流量计; 7. 集气系统; 8. 电加热器; 9. 量气槽

体。试验流程见图1。

二、试验结果

1. 35°C 条件下处理糖蜜废水的试验。试验原水为 COD1000mg/l 左右的甜菜糖厂生产废水,并加入糖蜜配制。试验水力停留时间为 8.4d, 进水 COD 负荷 1179g/m³·d; BOD 负荷 774g/m³·d。试验结果如图2。

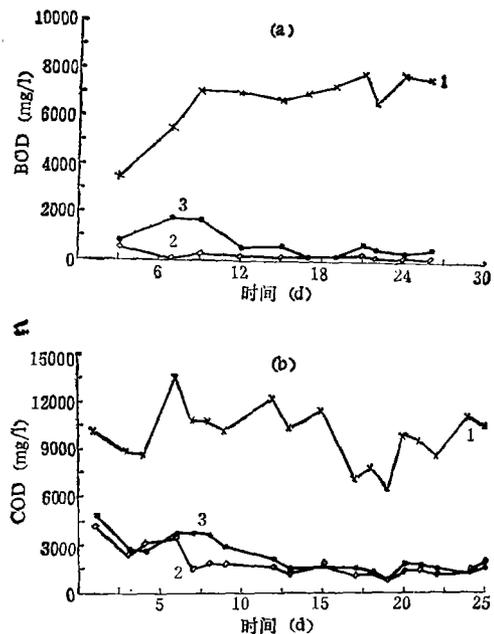


图2 35°C 条件下处理糖蜜废水试验中 BOD、COD 变化

1. 原水; 2. 接触厌氧塘出水;
3. 普通厌氧塘出水。

2. 35°C 下处理糖厂高浓度有机废水的试验。试验原水为黑龙江省肇东糖厂生产废水,分析结果见表1。试验水力停留时间为

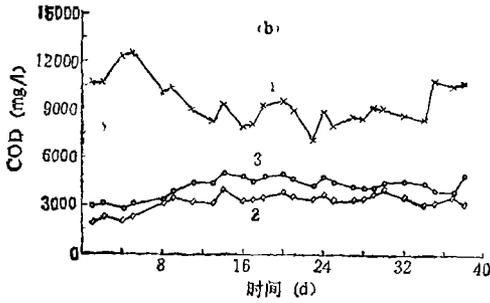
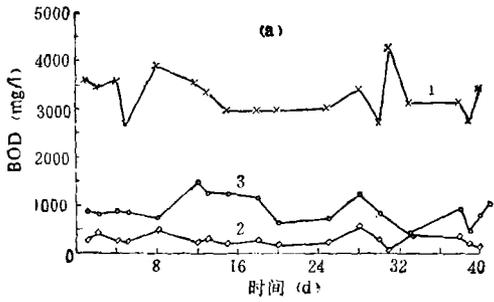


图 3 35℃条件下处理糖厂废水试验中 BOD、COD 变化。
1. 原水; 2. 接触厌氧塘出水;
3. 普通厌氧塘出水。

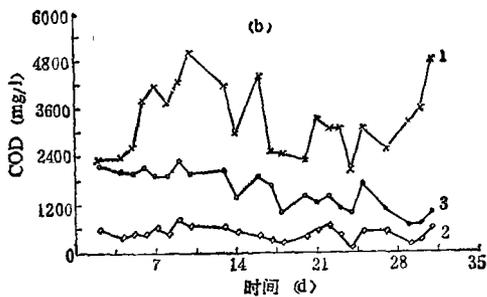
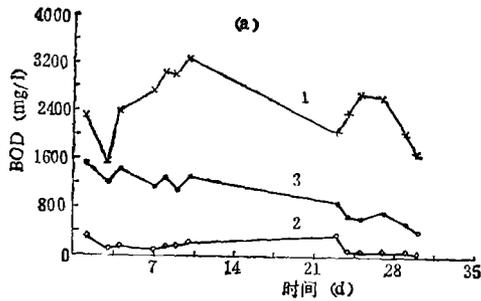


图 4 19—22℃条件下试验中 BOD、COD 变化
1. 原水; 2. 接触厌氧塘出水;
3. 普通厌氧塘出水。

13.9d, 进水 COD 负荷为 $676\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$; BOD 负荷为 $236\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。试验结果见图 3。

3. 19—22℃ 下处理糖蜜废水的试验。试验原水用糖蜜配制, 水力停留时间 12d, COD 负荷为 $270.2\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$; BOD 负荷为 $210\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。进、出水 COD、BOD 的变化过程见图 4。

4. 10—12℃ 下处理糖蜜废水的试验。试验水力停留时间 10.5d, 进水 COD 负荷 $192.6\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$; BOD 负荷 $128\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。试验结果见图 5。

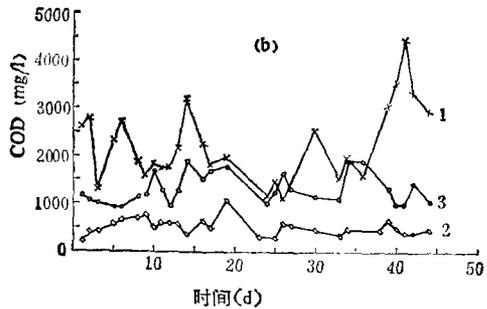
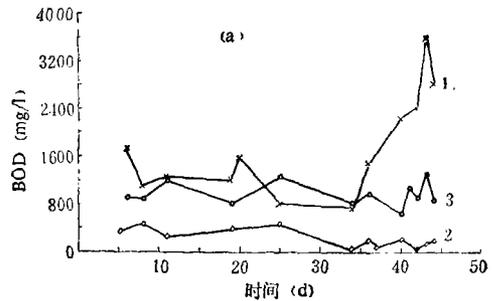


图 5 10—12℃条件下试验中 BOD、COD 变化
1. 原水; 2. 接触厌氧塘出水;
3. 普通厌氧塘出水。

每次试验中, 接触厌氧塘与普通厌氧塘的进水水质, 平均流量和试验温度均相同。表 2 归纳了各次试验中两模型的进、出水 BOD、COD 浓度、负荷和去除率。

由表 2 可见, 糖蜜废水处理三种温度条件下, 接触厌氧塘的处理效果均优于普通厌氧塘。35℃ 条件下处理糖蜜废水, 接触厌氧塘的 COD 和 BOD 去除率分别比普通厌氧塘高 6.6% 和 7.8%; 19—22℃ 条件下分别

表 1 糖厂高浓度有机废水水质分析

项 目	单 位	范 围	平均值	备 注
COD _{cr}	mg/l	7158—10754	9431	密封法
BOD ₅	mg/l	2667—4278	3281	
N	mg/l	9.6—35.6	31.8	紫外分光光度法
P	mg/l	1.2—4.68	2.81	
pH		4—6	5.0	紫外分光光度法
碱度	meq/l	4—18	12.5	

表 2 各试验有机物去除效果平均值

原 水		糖厂废水		糖蜜废水					
温 度		35℃		35℃		19—22℃		10—12℃	
项 目	塘 别	普通厌	接触厌	普通厌	接触厌	普通厌	接触厌	普通厌	接触厌
		氧塘	氧塘	氧塘	氧塘	氧塘	氧塘	氧塘	氧塘
进水 COD (mg/l)		9431		9908		3310		2065	
出水 COD (mg/l)		4425	3275	1826	1572	1578	468	1251	551
进水 BOD (mg/l)		3281		6499		2616		1291	
出水 BOD (mg/l)		876	255	778	194	1020	95	976	269
BOD 去除率(%)		73	92	89	96.8	61	96.4	29	79.8
COD 去除率(%)		55	65	76.8	83.4	52.3	85.9	39.4	73.3
进水 COD 负荷 (g/m ³ ·d)		676		1179		270.2		192.6	
去除 COD 负荷 (g/m ³ ·d)		371.8	439.4	905.5	983.3	141.3	232.1	50.6	141

比普通厌氧塘高 33.6% 和 35.4%；而在 10—12℃ 条件下，接触厌氧塘的 COD 和 BOD 去除率则比普通厌氧塘高 33.9% 和 50.8%，显示随着温度降低两种厌氧塘的处理效果差距越来越大。在 35℃ 条件下处理糖蜜废水时，接触厌氧塘的 COD 和 BOD 去除率分别比普通厌氧塘高 6.6% 和 7.8%；而处理糖厂废水时则比普通厌氧塘高 10% 和 19%。从原水的生化特性看，糖厂废水 BOD₅/COD_{cr} 为 0.348，糖蜜废水 BOD₅/COD_{cr} 为 0.655，其生化特性比糖厂废水好，说明处理生化性较差的废水时两种厌氧塘的差别较大。综上所述，接触厌氧塘的一个基本特点是，在高温下处理易于降解的高浓度有机废水时，它与普通厌氧塘的差别较小，而在进水生化特性较差或温度较低的情况下，接触厌氧塘明

显表现出优于普通厌氧塘的有机物处理效能。

三、讨 论

悬浮于水中的纤维载体上附着大量的厌氧微生物。为了了解纤维载体在试验中的生物膜附着量，对挂膜前后的纤维束分别进行了测定。测定结果以及由此估算的污泥负荷列于表 3，由表 3 可以估算出接触厌氧塘中的厌氧停留时间。

$$\text{污泥停留时间} = \frac{\text{总污泥量}}{\text{污泥的日合成量}}$$

如果在 35℃ 和 10℃ 条件下厌氧菌的综合代谢效率为 5% 和 2%（不计产率系数），则模型中 35℃ 和 10℃ 两种温度下的污泥停留时间分别为 46d 和 574d。可见，在接触厌

表 3 35℃ 和 10℃ 两种条件下接触厌氧塘中的纤维量和生物膜附着量

温 度	模型中纤维量 (g)		单位重量纤维的附着量		悬浮物量 (g/m ³)	污泥负荷 COD(g)/ VSS(g)
	玻璃纤维	人造纤维	玻璃纤维	人造纤维		
35℃	2500	0	0.112	—	2270	0.433
10℃	1130	604	0.0523	0.384	1620	0.087

氧塘中, 固体停留时间同水力停留时间得到了有效的分离, 尤其是在低温条件下, 污泥停留时间的延长使接触厌氧塘积累了更大的污泥量, 使它能在厌氧代谢速度和污泥负荷很低的情况下保持一定的处理能力。

另一方面, 由于厌氧塘中有机物降解是由多种水解菌, 产酸菌和甲烷菌的共同作用结果, 因此, 固体停留时间不仅对塘中总厌氧微生物量而且对厌氧菌群的生态构成产生影响。在流动状态的厌氧生物处理系统中, 一种厌氧菌稳定地生存和增殖的必要条件是该厌氧菌在系统中的平均停留时间等于或大于该菌种在体系中的增殖时间。设在动态厌氧塘中某种厌氧菌的平均浓度为 B ; 它的世代时间为 τ ; 单位时间内这种厌氧菌从厌氧塘中向外的流失量为 U ; 厌氧塘的体积为 V ; 则由物料平衡关系该种厌氧菌的数量随时间的变化为:

$$VdB = \left(\frac{BV}{\tau} - U\right) dt$$

$$= U \left(\frac{BV}{U\tau} - 1\right) dt$$

因 BV/U 即为固体停留时间, 令 $\frac{BV}{U} = T$ 则:

$$\frac{dB}{dt} = \frac{U}{V} \left(\frac{T}{\tau} - 1\right) \quad (1)$$

该式表明: 世代时间长于固体停留时间的菌种, 由于流失量大于增殖量而不能在系统中保留下来。

厌氧菌的世代时间是温度和基质的浓度的函数。一般地, 厌氧菌的世代时间随温度的降低和单位菌量占有基质量的减少而延

长, 可以近似地表示为:

$$\tau = \tau_0 + K \frac{B}{S} \quad (2)$$

式中: τ_0 ——厌氧菌的最短世代时间;

K ——比例常数;

S ——基质浓度;

B ——厌氧菌浓度。

将(2)式代入(1)式得:

$$VdB = BU \left(\frac{S(T - \tau_0) - KB}{KB + S\tau_0}\right) dt$$

在稳定的厌氧塘中, 厌氧菌的总量达到平衡, 有:

$$S(T - \tau_0) = KB \quad (3)$$

由(3)式可以分析延长固体停留时间对厌氧菌群生态构成发生的影响。设体系中甲烷菌和产酸菌的最短世代时间分别为 τ_{01} 和 τ_{02} , 显然 $\tau_{01} \gg \tau_{02}$ 。根据(3)式系统中甲烷菌和产酸菌的数量分别为:

$$B_1 = \frac{S_1(T - \tau_{01})}{K_1}$$

$$B_2 = \frac{S_2(T - \tau_{02})}{K_2}$$

这两种厌氧菌数量的比值为:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{K_2 S_1 (T - \tau_{01})}{K_1 S_2 (T - \tau_{02})}$$

当固体停留时间 T 延长时, 该比值随 T 的变化率为:

$$\frac{\partial \left(\frac{B_1}{B_2}\right)}{\partial T} = \frac{K_2 S_1 (\tau_{01} - \tau_{02})}{K_1 S_2 (T - \tau_{02})^2} \quad (4)$$

由 $\tau_{01} \gg \tau_{02}$ 知上式大于 0, 所以甲烷菌同产酸菌的比例一般将随着系统中的固体停留时间的延长而增加。实际上, 厌氧消化中起决

表 4 厌氧生态中各种厌氧菌的最短世代时间

厌氧菌种类	水解的菌	普通产酸菌	产乙酸菌	利用 H ₂ 甲烷菌	利用乙酸甲烷菌
最短世代时间 τ_0	7(h)	30(min)	1.5—4(d)	2—19(h)	2.5—12(d)

表 5 动态试验中的 pH 值,氧化还原电位和总碱度

原 水	糖厂废水		糖 蜜 废 水					
温 度	35°C		35°C		19—22°C		10—12°C	
项 目 \ 塘 别	普通厌氧塘	接触厌氧塘	普通厌氧塘	接触厌氧塘	普通厌氧塘	接触厌氧塘	普通厌氧塘	接触厌氧塘
pH	7.0	7.26	6.91	7.01	7.1	7.2	5.76	6.63
总碱度 (meq/l)	15.84	18.56	26.17	27.06	25.8	26.5	—	—
氧化还原电位 (mV)	-147	-160	-187	-174	-133	-160	—	—
测定次数	25	25	9	9	19	18	19	19

定作用但生长缓慢的甲烷菌,其世代增殖时间与厌氧塘的水力停留时间相近,而与产酸菌世代增殖时间相比又存在着悬殊的差距,(表 4),这使得固体停留时间对甲烷菌与产酸菌之间的生态平衡具有显著的影响。在动态厌氧塘模型试验中测得的接触厌氧塘和普通厌氧塘的 pH 值,总碱度,氧化还原电位等参数的差别亦间接地说明了这一点。见表 5。

综合以上分析及试验结果我们认为,提高厌氧塘处理效率的基本途径之一是增加塘中固体的停留时间。用纤维束作为微生物载

体来提高厌氧塘的效率在工艺上是可行的。

参 考 文 献

- [1] Middlebrooks E. J., *Lagoon Information Source Book*, 5—30, Ann Arbor Science Publishers Inc., U. S. A. 1978.
- [2] Gloyna E. F., *Ponds as A Wastewater Treatment Alternative*, 237—284, CRWR. University of Texas., 1976.
- [3] Loehr R. C. and Ruf J. A., *J. WPCF*, 40(1), 83—93 (1968).
- [4] 杨松滨译,王宝贞校,国外环境科学技术, No. 1, 26—31(1983).
- [5] Parker C. D., *J. WPCF*, 34 (2), 149—161 (1962).

“环境中重金属学术讨论会”在长沙市召开

中国地理学会、中国环境科学学会和中国地质学会水文地质专业委员会联合召开的“环境中重金属学术讨论会”于 1985 年 10 月 26 日至 29 日在长沙市举行。这次会议得到全国各地的化学地理、环境地球化学、环境化学、生物地球化学、环境水文地质、环境医学 and 环境保护等专业工作者的支持。会上交流的论文共 110 多篇,主要内容有重金属(包括

部分非金属)在环境中的含量、分布、存在形态、迁移转化、环境背景值和环境容量、生物效应以及对人体健康的影响。我国从七十年代以来普遍开展了这方面的研究,有的属于国家重要的研究项目。这次讨论会反映出我国这方面研究的最新成果和进展。

(本刊讯)