

制药废水经稳定塘处理用于农灌的可行性探讨

王志盈 张志杰 吕秋芬

(西安冶金建筑学院,西安 710055)

摘要 利用以厌氧塘为主体,以预沉池、二级厌氧塘、兼性塘组成的工艺,探讨了制药废水经过稳定塘处理后用于农灌的途径。在停留时间为7—11 d时,COD去除率冬季为47%,夏季达到76.6%,夏季厌氧塘削减COD负荷达 $150\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。其出水水质指标基本满足灌溉要求。还对气温、有机负荷、pH等对处理效果的影响进行了探讨。

关键词 生物稳定塘,制药废水,COD去除率

我国北方一些中小城镇的污水,受当地有机工业废水影响较大,有机物浓度高,污染严重。同时有不少地方又缺水、缺肥、经济和技术力量薄弱,难以利用投资高,技术上复杂的处理方法。因此,探讨了投资少、管理方便,使处理水用于农业灌溉的可能性,以达到减轻污染,提高农业产量的双重目的^[1]。

本试验针对陕西北部某县以生产土霉素、

庆大霉素的废水,利用生物稳定塘处理技术,并将处理水用于农灌。实现了废水的资源化。

一、生物稳定塘处理制药废水的可行性探讨

(一) 水质特点

表1列出实测的废水水质。

(二) 处理工艺与条件

表1 水质测定结果

水质指标	COD(mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	$\frac{\text{BOD}_5}{\text{COD}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	SS (mg/L)	pH
平均含量	1000	380	0.38	57.57	800	4.9—7.3

针对该制药厂所处地域缺水缺肥及废水COD和SS高的特点,经分析决定采用以厌氧塘为主的生物稳定塘处理工艺。处理水在灌前渠道中继续进行后处理,再用于农灌。处理工艺包括预沉池、二级厌氧塘和兼性塘。试验用的二级厌氧塘容积共为330L,兼性塘容积为170L;实际应用塘中,二级厌氧塘容积为7600 m^3 ,兼性塘容积为4100 m^3 。试验装置设在露天,使气温、降雨、日照、蒸发、风效应等条件与大自然相同。

(三) 试验结果

试验前进行了生物驯化,待驯化污泥在制药废水全负荷下稳定运行后,按不同停留时间进行了系统试验。试验结果见表2,3。

由试验结果可知,停留时间为4—7d时,厌

氧塘夏季COD平均去除率为60.3%,春秋季节为57.5%,冬季为31.6%。在停留时间为2—4d时,兼性塘COD平均去除率为:夏季41%,春秋季节33.8%,冬季为23.1%。在停留时间为7—11d时,全试验系统总去除率夏季为76.6%,春秋季节为72.3%,冬季为47.4%。

(四) 试验结果分析

1. 厌氧塘的有机负荷与去除负荷

经对试验结果的分析,以及对厌氧塘进水COD负荷(N_s)与COD去除负荷(L_s)关系的有关数据进行整理,得到图1所示的直线关系。

从图1可以看出,厌氧塘内COD负荷

收稿日期:1992年1月21日。

表 2 厌氧塘、兼性塘试验结果¹⁾

试验季节	停留时间 (d)	进水 COD 浓度 (mg/L)	出水 COD 浓度 (mg/L)	去除率 (%)	平均去除率 (%)	季节平均去除率 (%)
夏	7.3(3.7)	531.7-723.5(182.9-331.1)	182.9-331.1(120.9-201.7)	43.9-72.5(20.9-50.3)	60.5(33.7)	60.3(41.0)
	4.67(2.33)	417.4-830.2(160.7-269.7)	160.7-269.2(98.4-165.5)	48.6-77.0(22.9-66.1)	60.0(48.2)	
春秋	6.0(3.0)	430.8-502.3(187.1-301.4)	187.1-301.4(93.7-195.8)	30.0-61.5(19.8-68.8)	54.6(46.8)	57.5(33.8)
	4.67(2.33)	430.8-502.3(214.1-335.7)	214.1-335.7(132.0-217.5)	24.3-52.1(12.7-54.2)	41.7(36.0)	
	6.0(3.0)	335.7-1115.1(184.8-256.8)	184.8-256.8(118.9-180.4)	40.7-78.5(15.4-48.7)	63.8(32.3)	
	4.67(2.33)	630.4-1125.1(170.7-455.6)	170.7-455.6(130.2-313.6)	29.3-80.3(20.4-52.7)	55.1(39.0)	
冬	5.52(3.57)	524.3-810.0(120.4-352.4)	120.4-352.4(100.4-335.6)	56.5-77.0(3.5-48.3)	68.6(16.0)	31.6(23.1)
	4.32(2.79)	524.3-810.0(180.8-345.4)	180.8-345.4(102.2-302.3)	51.9-69.4(9.5-64.0)	61.2(32.4)	
	6.0(3.0)	438.9-739.4(228.5-482.1)	228.5-482.1(184.8-373.0)	8.0-52.9(9.1-44.6)	34.9(23.0)	31.6(23.1)
	4.67(2.33)	606.3-957.6(357.0-675.6)	357.0-657.6(287.2-541.2)	13.8-42.3(53-33.3)	28.3(23.1)	

1) 括号内为兼性塘试验数据

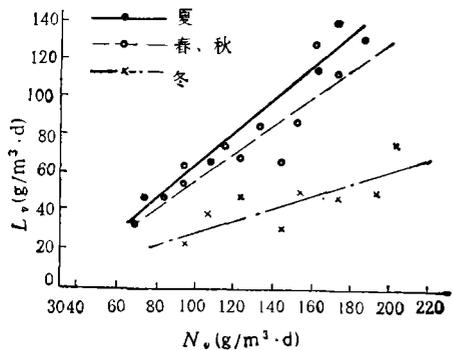


图 1 厌氧塘的有机负荷与去除负荷的关系
(N_e) 与 COD 去除负荷 (L_e) 之间呈线性关系 ($L_e = a + bN_e$)。在试验范围内, 随着 N_e 的增加, 各个季节的 L_e 都增加, 只是由于气温的影响, 冬季增加缓慢, 春秋增加较快, 夏季增加最快。总的来看, 厌氧塘适应负荷范围很宽^[2]。但当进水负荷减小到某一定值, 将不再遵守厌氧塘的 L_e-N_e 规律, 需进一步研究。

2. 兼性塘有机负荷与去除负荷

经对兼性塘进水 COD 面积负荷 (N_F) 与对应的 COD 去除负荷 (L_F) 之间变化数据的整理, 得到图 2 的线性关系。

从图 2 看出, 在试验范围内兼性塘虽然进

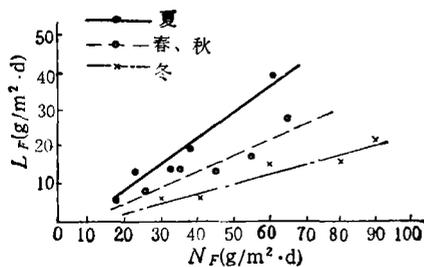


图 2 兼性塘的有机负荷与去除负荷的关系

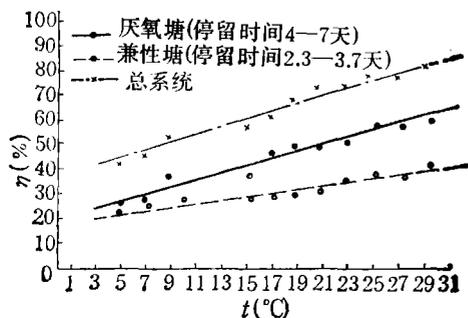


图 3 气温变化与 COD 去除率的关系

表 3 全处理系统的试验结果

试验季节	停留时间 (d)	进水 COD 浓度 (mg/L)	出水 COD 浓度 (mg/L)	去除率(%)	平均去除率(%)	季节平均去除率(%)
夏	11.0	531.7—723.5	120.9—201.7	66.2—81.0	73.8	76.6
	9.0	417.4—830.2	98.4—165.5	60.3—88.6	79.3	
春秋	9.0	430.8—502.3	443.7—195.8	67.5—79.1	75.9	72.3
	7.0	430.8—502.3	132.0—217.5	49.2—73.7	62.7	
	9.0	335.7—1151.0	118.9—180.4	60.1—86.4	75.4	
	7.0	630.4—1125.1	130.2—313.6	65.5—85.0	72.6	
	9.0	524.3—810.0	100.4—335.6	58.6—82.1	73.6	
	7.11	524.3—810.0	102.2—302.6	62.7—82.7	73.8	
冬	9.0	438.9—739.4	184.8—373.0	34.9—66.7	49.9	47.4
	7.0	606.3—957.6	287.2—541.2	27.3—61.3	44.9	

水负荷与去除负荷也有线性关系,但兼性塘去除 COD 的效果明显不如厌氧塘,表明厌氧塘在削减 COD 方面有明显优势。充分利用这一潜力,对处理有机物浓度较高的废水是有意义的。当进水负荷过大或过小,都不会完全遵守图 2 的规律,进水负荷过大,兼性塘可能处于厌氧状态,从而符合图 1 的规律;进水负荷过小,可能出现好氧占主导的情况。

3. 气温变化与 COD 去除效果

COD 去除率与气温变化的结果见图 3。

从图 3 可知, COD 去除率(η)与气温(t)变化近似呈线性关系。本试验地区冬季平均气温为 3.58℃, COD 去除率为 44% 左右,夏季平均气温 25.6℃,去除率为 75% 左右。

和兼性塘比较,厌氧塘的 COD 去除率(η)随气温(t)变化曲线的斜率要大。其原因可能有二:①有机物浓度对 COD 去除率影响大于气温变化的影响;②厌氧菌对温度更敏感。

二、实际应用塘处理与农灌

(一) 处理效果

实际应用塘工艺除无预沉池外,其余与试验工艺类似。温度是影响稳定塘处理的重要条件,鉴于小型试验装置设在地面上,散热快,水温变化也快。实际应用塘建于地面以下,水温变化慢。所以,春秋冬三季试验塘效果肯定低于实际应用塘效果,只有夏季试验塘的效果可

能好些。因此,对夏季实际应用塘进行了一个月(八月份)的测定,其结果见表 4。

表 4 反映出:①厌氧塘去除 COD 的能力较强,平均在 60% 左右,兼性塘则要求负荷适当,否则效果受影响。② SS 去除效果不太好,仅 70% 左右,是发酵过程中气体上浮妨碍了小颗粒的沉降。所以设预沉池是完全必要的。

(二) 处理水用于农灌的可行性

经过稳定塘处理除去了大部分 COD 和 SS,且转化产生了易被农作物吸收的成分。为考察能否用于农灌,根据污水来源,选择了可能出现的污染物 10 项指标进行比较(表 5)。

从表 5 看出,随着停留时间的延长,由于氨氮的积累,使 pH 值有所上升;又由于含硫有机物在厌氧条件下逸出,致使 S^{2-} 不断上升。处理水用于灌溉时,厌氧过程不宜过长。不过,即使 S^{2-} 超过标准,也会在明渠及灌溉过程中充氧净化,使之降低。重金属减少的原因是随 pH 升高而沉降所致。

在 COD 中,土霉素、庆大霉素构成的 COD 值分别不超过 5%。根据试验,厌氧条件下,土霉素可降解 80%^[3];庆大霉素在 100mg/L 内,可作为基质降解。目前,在灌溉标准中对抗生素的含量尚无规定,但仍需要对作物中抗生素的含量进行跟踪调查。

(三) 兼性塘放养凤眼莲的净化效果

为提高净化 COD 的效果,在兼性塘放养

表 4 实际应用塘运行数据¹⁾

累计时间 (d)	COD (mg/L)				SS (mg/L)				pH			
	进水	N ₁ 出水	N ₂ 出水	N ₃ 出水	进水	N ₁ 出水	N ₂ 出水	N ₃ 出水	进水	N ₁ 出水	N ₂ 出水	N ₃ 出水
1	712	409	392	216	2295	973	715	538	6.9	7.7	7.7	7.4
4	656	400	312	232	1786	1057	637	416	6.1	6.7	7.0	7.3
6	1186	976	816	540	1229	632	988	373	5.7	7.1	7.0	7.2
8	652	468	296	204	1064	857	598	396	7.0	7.1	7.3	7.3
10	1087	793	523	456	843	558	284	159	7.3	7.4	7.5	7.5
12	1420	822	551	490	340	200	141	67	6.0	7.2	7.4	7.3
14	1320	702	518	396	337	239	138	73	6.7	7.2	7.5	7.3
18	809	649	470	340	394	225	120	118	7.3	7.0	7.4	7.5
20	627	452	368	164	537	332	227	181	5.2	7.2	7.3	7.1
22	1004	699	598	453	812	608	601	251	4.9	6.7	7.3	7.5
24	1769	603	449	249	538	294	241	223	5.2	7.4	7.6	6.4
26	855	645	502	264	685	425	421	211	7.0	7.2	7.3	7.6
28	954	733	512	281	612	427	340	234	6.3	7.1	7.2	7.3
30	1235	856	641	472	1024	751	542	327	6.4	7.2	7.3	7.3

1) N₁——厌氧塘 1 N₂——厌氧塘 2 N₃——兼性塘

表 5 实际应用塘 10 项指标与灌溉标准比较 (mg/L)

项 目	测定结果				国家农灌 水质标准
	原水	N ₁ 出水 ¹⁾	N ₂ 出水 ¹⁾	N ₃ 出水 ¹⁾	
硫化物	0.396	0.540	0.960	1.06	≤1
pH	6.3	7.2	7.3	7.3	5.5—8.5
含盐量	783	878	936	983	≤1500
汞及其化合物	0.0011	0.0011	0.007	0.0006	≤0.001
铬及其化合物	0.018	0.016	0.008	未检出	≤0.005
六价铬化合物	未检出	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.1
铜及其化合物	0.22	0.044	0.040	0.036	≤0.1
K ⁺	7.83	19.71	21.29	19.45	
总 N	148.16	135.43	134.33	131.95	
总 P	8.16	7.10	6.92	5.47	

1) 同表 4 注

了凤眼莲, 兼性塘和处理系统的 COD 去除率变化见图 4。

凤眼莲根系发达, 吸附力强, 栖居的微生物量大, 具有很强的吸附和降解有机物的能力, 所以放养后, COD 去除率明显提高。定期取出的凤眼莲, 可做为饲料。

图 5 表明, 凤眼莲日增长量越大, COD 去除率越高。

(四) 灌溉后的效果

未经稳定塘处理的污水直接用于灌溉, 农

业增产并不明显, 有部分农作物有萎缩现象。经过稳定塘处理的污水用于灌溉后, 小麦亩产由 207kg 增加到 300kg, 尚有部分土地可多种一茬包谷, 平均亩产可达 250kg。目前灌溉面积达 700 亩, 并能种植蔬菜, 增加了经济收入。由于原废水中不含其它有害物质, 因而也不会有转入农作物的危险。

三、结 语

1. 以厌氧塘为主体, 由预沉池、两级厌氧

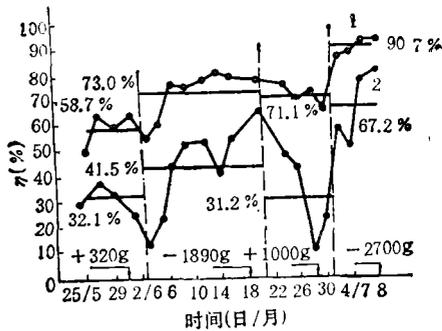


图 4 凤眼莲不同放养量与 COD 去除率的变化

1. 总去除率(停留 7 天) 2. 兼性塘去除率(停留 2.33 天)
“+”表示加入凤眼莲;“-”表示取出凤眼莲;
图中数字表示 COD 平均去除率;试验平均气温 24.9 °C

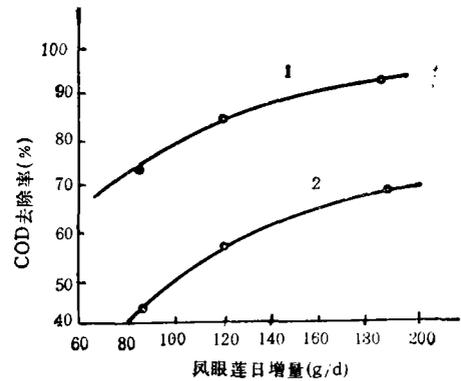


图 5 凤眼莲日增长量与 COD 去除率关系

1. 总去除率 2. 兼性塘去除率

塘、兼性塘组成的工艺系统, 处理土霉素、庆大霉素制药废水, 将处理水用于灌溉是可行的。当停留时间为 7—11d 时, COD 去除率夏季达 76.6%, 冬季可达 47%。

2. 以厌氧塘为主体的处理工艺, 具有占地面积小, 有机去除负荷随进水负荷的升高而升高, 削减 COD 能力强的特点。本研究中, 夏季厌氧塘削减 COD 负荷达 $150\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。

3. 气温、有机负荷、pH 等是影响稳定塘效果的重要因素。本文初步探讨了这些因素对稳定塘处理效果的简单影响规律。

(上接第 32 页)

4 中的数学模式或表 6 中的动力学参数值。

三、结 论

1. 生物转盘数学模式 [式(3)] 可作为转盘的设计公式, 它揭示了转盘净化废水的实质及影响因素, 此数学模式比以往众多繁琐的经验公式更简单、更实用。

2. 生物转盘数学模式中的各项动力学参数值均可通过试验确定。除膜增长常数外, 其余每项参数值在各级转盘中都是不等的, 且均随

4. 预沉池-两级厌氧塘-兼性塘-明渠农灌工艺具有省地、省投资、省运行管理费的特点, 适于处理干旱地区以有机工业废水为主的中小城镇污水。

参 考 文 献

- 1 李献文等编. 城市污水稳定塘设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990: 47—49
- 2 [美] E.J. 米德尔布鲁克斯等著, 杨文进, 张选辉译. 稳定塘的设计与运行. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986: 89—90
- 3 张希衡, 金奇庭. 化工环保. 1987, (75): 275

级数的增加而减小。

3. 建议在设计处理生物制品废水或与其类似废水的生物转盘时, 采用表 4 中的数学模式或表 6 中的动力学参数值。

参 考 文 献

- 1 顾夏生. 废水生物处理数学模式. 北京: 清华大学出版社, 1982: 153—158
- 2 J H Clark et al. J. WPCF 1978, 50: 900
- 3 郑元景等. 生物膜法处理污水. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986: 183

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

COD/m³. d and COD removal efficiency over 85%. The granular sludge could also be cultivated, but the granulation of sludge was found to be comparatively slow and incomplete, when the low strength influent of 1000mg/L COD was fed to the reactor. The size of sludge granule was smaller, in the range of 0.5—1.5mm, and the maximum organic loadings was 10.2 kg COD/m³. d, COD removal efficiency approximately 75%. The relationship between influent strength and granulation of sludge and the practical operation technology for the treatment of industrial wastewater with UASB reactor were discussed.

Key words: UASB reactor, granular sludge influent strength.

A Study on the Treatment of the Excess Activated Sludge of Gas Wastewater by Aerobic Digestion Technique. Han Xiangkui, Liu Ying et al. (Jinlin College of Architectural and Civil Engineering, Jinlin 130021): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.39—42

This paper discusses the feasibility for the treatment of the excess activated sludge of gas wastewater by aerobic digestion technique. Test results show that 59.3% of the total MLVSS is biodegradable in the sludge, 44.9% of MLVSS is removed when test is conducted for a period of 17 days under 30°C. The sludge degradation rate and the non-biodegradable material concentration in the liquid phase would increase when the reaction temperature is raised. Study on the kinetics of sludge aerobic digestion is also conducted and a method for the deduction of kinetic constants is proposed.

Key words: gas wastewater, excess activated sludge, aerobic digestion.

Air Oxidation of Sodium Sulphite during the Process of Recovery of Iodine. Sheng Zhaoqi, Huang Guang (ECUCT Research Institute of Chemical Environmental Engineering Shanghai 200237) Feng Mingda (Shanghai No. 12 Pharmaceutical Factory): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.43—46

Mixed solutions of sodium sulphite and sodium

carbonate are used in the absorption of iodine from the waste-gas. Sodium sulphite solutions are ready to be oxidized by air. Experimental results show that the oxidation rate is remarkable but not very high and greatly influenced by pH values. When Na₂SO₃ is oxidized by dissolved oxygen. However, when sufficient oxygen is supplied through bubbling air into the solution the concentration of sulphite in the solution decreases rapidly with a character of linear concentration-time relation. The actual process of iodine recovery is described in this paper. It is suggested that fresh solution of sodium sulphite be used for the purpose of decreasing the oxidation.

Key words: recovery of iodine, oxidation of Na₂SO₃, air oxidation.

Feasibility Study on the Preliminary Treatment of Pharmaceutical Wastewater with Stabilization Pond. Wang Zhiying, Zhang Zhijie et al. (Xian Institute of Metallurgy and Construction Engineering, Xian 710055): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.47—51

Considering the character of dry land in northern part of China, a wastewater reclamation method has been suggested by using stabilization pond treatment. The pond system, consisting of presettling, two-step anaerobic pond and a facultative pond was used for the preliminary treatment of pharmaceutical wastewater. The effluent from such treatment can be used as irrigation water. When the retention time was equal 7 to 9 days, the COD removal rate of such system was 76.6% in the summer time and 47% in the winter. Other parameters of the treated water could also meet the demand of agricultural irrigation, which may affect COD removal efficiency such as temperature, organic load and pH, were examined in the study. The results of the study demonstrates that the stabilization pond system possesses the advantages of high efficiency for the removal of COD and less occupancy of land.

Key words: biological stabilization pond, pharmaceutical wastewater, wastewater treatment

Effects of Solar Ultraviolet Radiation on Plants. Shuyuan Chen (Jiangsu Institute of