

文章编号 :1671 - 683X(2002)03 - 0029 - 04

棉浆粕废水处理系统中好氧动力学参数测定

李宇庆¹, 高健磊¹, 曹 军²

(1. 郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002 2. 郑州市污水净化有限公司, 河南 郑州 450046)

摘 要 :以采用两相厌氧 - 好氧 SBR - 絮凝沉淀组合工艺处理棉浆粕废水的工业化装置为对象,在水温自然变化情况下,测定了好氧 SBR 单元的生化动力学参数,其结果分别为 : $V_{\max} = 0.70 \sim 0.91 \text{ mgBOD}_5/\text{mgVSS} \cdot \text{d}$, $K_s = 15.5 \sim 20.4 \text{ mgBOD}_5/\text{L}$, $Y = 0.66 \sim 0.69 \text{ mgVSS}/\text{mgBOD}_5$, $K_d = 0.031 \sim 0.041 \text{ d}^{-1}$, $V_{\max}' = 0.52 \sim 0.74 \text{ mgCOD}_{\text{cr}}/\text{mgVSS} \cdot \text{d}$, $K_s' = 9.3 \sim 14.2 \text{ mgCOD}_{\text{cr}}/\text{L}$, $Y' = 0.38 \sim 0.45 \text{ mgVSS}/\text{mgCOD}_{\text{cr}}$, $K_d' = 0.021 \sim 0.029 \text{ d}^{-1}$, 并与已有文献报导的纸浆和造纸废水的测定结果进行了比较,表明棉浆粕废水经两相厌氧处理后出水更易于生化处理,但仍属较难好氧生化处理废水。

关键词 :棉浆粕废水 ; 两相厌氧 - 好氧处理系统 ; 生产性试验 ; 序批式活性污泥法 ; 动力学参数

中图分类号 :X 703.1 文献标识码 :A

棉浆粕生产废水产生量大,产污负荷高,且废水中污染物成分复杂,残碱量高,主要污染物为纤维素、半纤维素、果胶、蜡质与脂类物质,是一种很难处理的高浓度、高色度有机废水,目前国内尚无成熟的达标处理技术^[1]。原郑州工业大学在实验研究基础上,提出两相厌氧(水解酸化 + UBF) - 好氧(SBR)生物处理 - 絮凝沉淀的工艺路线,将生产过程清污分流出的以棉浆粕黑液为主的高浓度有机废水进行厌氧预处理,与其它低浓度废水形成综合废水,并对其进行好氧和物化处理,最终使包括黑液在内的全部废水达标排放。本研究旨在探索两相厌氧处理后水质好氧生化处理的适宜性,确定好氧动力学参数,为其工艺设计和运行管理优化提供依据,确保工业化设施的经济、稳定达标运行。

1 试验条件和测试方法

设计处理系统的好氧处理单元是 SBR 四池系统,单池间歇运行,四池交替运行,系统形成连续运行,其中单池有效容积 $V = 4350 \text{ m}^3$,运行周期 $T = 12 \text{ h}$,采用非限制曝气运行方式,其中进水 $T_i = 2.5 \text{ h}$,曝气 $T_a = 7 \text{ h}$,静止沉淀 $T_s = 1 \text{ h}$,排水 $T_e = 4 \text{ h}$,进水浓度 COD_{cr} 为 $1500 \sim 2400 \text{ mg/L}$, BOD_5 为 $400 \sim 600 \text{ mg/L}$,污泥浓度 MLSS 和 MLVSS

分别维持在 $5500 \sim 6500 \text{ mg/L}$ 和 $1800 \sim 2100 \text{ mg/L}$ 。试验测试是从四池中选一池作为本次试验研究对象。

基于生化反应动力学实验方法,供试反应器分为积分反应器和微分反应器。动力学参数估算有积分法和微分法两大类,SBR 是间歇操作反应器,属积分反应器范畴。描述 SBR 反应过程中微生物和基质浓度变化规律的是一阶非线性微分方程,不能完全由积分法求出解析解,常用龙格 - 库塔法求数值解^[2]。在此估算动力学参数采用积分法较为困难,故且采用微分法,并辅之以线性化作图更为方便^[3]。本次动力学参数测定试验采用微分法原理,即在不同的时间状态下测定基质和微生物浓度,按照 Monod 生化反应动力学方程确定参数值。为消除进水阶段带入大量悬浮物和胶体物质对测定结果的影响,本试验从反应期开始 1 h 后每隔 30 min 取样一次,共取 5 次,测定项目包括 COD_{cr} , BOD_5 , MLSS, MLVSS, SV% 和水温 T 。具体测定方法采用统一国标与推荐方法^[4]。

在污泥取样测定中,为避免因单池容积较大,污泥浓度分布的不均匀性,引起较大的取样差异,故在固定点(池长中心)取样。

2 试验结果和计算

2.1 试验结果

收稿日期 2002 - 03 - 12,修订日期 2002 - 06 - 29

基金项目 2001 年河南省环保技术计划资助项目(2001 - 31 - 06)

作者简介:李宇庆(1976 -)男,江苏省无锡市人,郑州大学硕士研究生,主要从事水污染控制方面的研究。

沿池长方向等距离取 4 个水样,污泥浓度分布存在不均匀性,测定污泥指标值如表 1 所示.当 SBR 池进水 COD_{cr} 在 1041.6 ~ 2456.2 mg/L 时,去除率可稳定在 40 % 左右, SBR 运行情况如图 1 所示.

在 SBR 好氧系统稳定运行一段时间后,即开始动力学参数测定试验,测定期间 SBR 池水温自然变化范围为 27 ~ 31 ℃,整个试验共测得 5 组数据,试验结果如表 2 所示.

表 1 不同点位处污泥指标值

Tab.1 Indicators' values of the activated sludge in different site

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
MLSS/(mg/L)	5074	5315	5738	6066
MLVSS/(mg/L)	1928	1761	1856	1985
SV/%	51	43	61	50
SVI/(mL/g)	100.5	80.9	106.3	82.4

表 2 动力学参数测定结果

Tab.2 Results of the kinetic constants' determination

序号	项目	时间/h						
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5
1	BOD_5 /(mg/L)	171.5	145.3	119.8	94.8	70.5		
	COD_{cr} /(mg/L)	1471.4	1453.0	1438.1	1412.2	1391.0	1325.4	1310.4
	MLVSS/(mg/L)	1864	1880	1896	1911	1926	2001	1802
	水温 T /℃	30.5	30.5	30.0	29.5	29.5	29.0	29.0
2	BOD_5 /(mg/L)	158.3	132.5	107.4	82.7	58.5		
	COD_{cr} /(mg/L)	1259.0	1246.6	1231.6	1203.5	1172.8	1190.2	1149.0
	MLVSS/(mg/L)	1873	1889	1905	1920	1935	1699	1659
	水温 T /℃	30.0	30.0	29.5	29.5	29.0	28.5	28.5
3	BOD_5 /(mg/L)	190.4	164.4	139.0	114.1	89.8		
	COD_{cr} /(mg/L)	1892.0	1754.4	1658.1	1754.4	1658.1	1520.5	1554.4
	MLVSS/(mg/L)	1880	1896	1912	1927	1942	1911	1786
	水温 T /℃	31.0	30.5	30.5	30.0	29.5	29.5	29.0
4	BOD_5 /(mg/L)	183.3	157.2	131.7	106.8	82.4		
	COD_{cr} /(mg/L)	1836.9	1788.0	1754.4	1733.6	1816.3	1898.9	1912.6
	MLVSS/(mg/L)	1869	1885	1901	1916	1931	1751	1611
	水温 T /℃	29.5	29.5	29.0	28.5	28.5	28.0	27.5
5	BOD_5 /(mg/L)	186.0	160.0	134.6	109.8	85.6		
	COD_{cr} /(mg/L)	1820.3	1740.6	1685.6	1644.2	1603.0	1471.3	1420.5
	MLVSS/(mg/L)	1876	1892	1908	1923	1938	1811	1655
	水温 T /℃	29.0	29.0	28.5	28.5	28.0	27.5	27.0

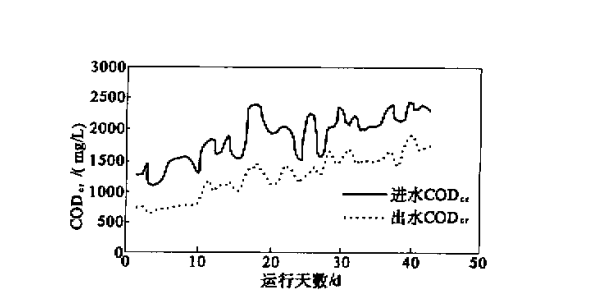


图 1 SBR 池运行情况图

Fig.1 The operational effect of SBR

万方数据

2.2 计算动力学参数

根据 Monod 生化反应动力学方程式^[5]:

$$\frac{1}{V} = \frac{X\Delta t}{S_1 - S_2} = \frac{K_s}{V_{\max}} \frac{1}{S_2} + \frac{1}{V_{\max}}; \quad (1)$$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{X_2 - X_1}{X\Delta t} = Y \frac{S_1 - S_2}{X\Delta t} - K_d. \quad (2)$$

由式(1)(2)和表 2 中数据,可得到如图 2 ~ 5 所示直线,通过最小二乘法计算求得水温自然变化范围为 $T = 27 \sim 31\text{℃}$ 时, $V_{\max} = 0.70 \sim 0.91$, $K_s = 15.5 \sim 20.4$, $Y = 0.66 \sim 0.69$, $K_d = 0.031 \sim 0.041$, $V_{\max}' = 0.52 \sim 0.74$, $K_s' = 9.3 \sim 14.2$, $Y' = 0.38 \sim 0.45$, $K_s' = 0.021 \sim 0.029$.

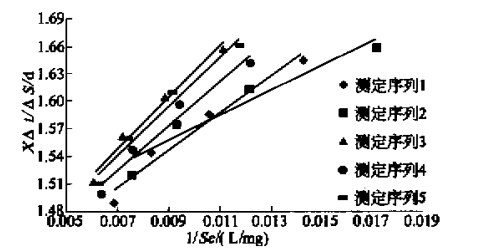


图 2 图解法求 K_s, V_{\max}
Fig.2 Determination of K_s and V_{\max}

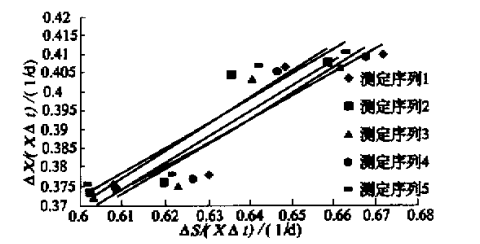


图 3 图解法求 Y, K_d
Fig.3 Determination of Y and K_d

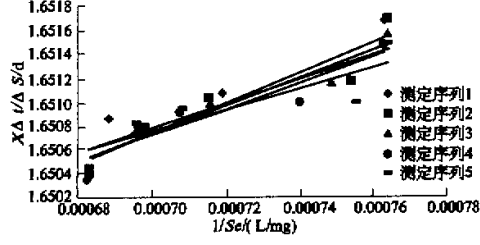


图 4 图解法求 K'_s, V_{\max}'
Fig.4 Determination of K'_s and V_{\max}'

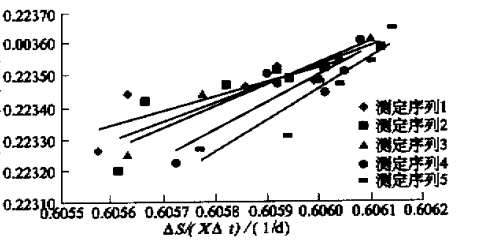


图 5 图解法求 Y', K'_d
Fig.5 Determination of Y' and K'_d

3 测定结果分析与讨论

(1) 通过对棉浆粕废水 SBR 工艺的生产性试验测定, 可得到其动力学参数值, 对基质浓度以 BOD_5 和 CO_2 数据的两套试验数据进行线性回归,

求得相关系数分别在 0.94 和 0.86 以上, 这在一定程度上说明 SBR 工艺动力学模型可用 Monod 方程表示。

(2) 对照其它类似废水如纸浆和造纸废水(传统活性污泥法)动力学参数 $Y = 0.76, K_d = 0.01d^{-1}$ 与本次试验测定值 Y 和 K_d 范围有所不同。动力学参数的影响因素主要有水质、微生物种类和温度等, 而产率系数 Y 主要受废水中底物组成的影响^[7], 棉浆粕废水 Y 值较小, 则说明降解单位重量有机物产泥量较少; 衰减系数 K_d 反映了生化反应速率的快慢, 棉浆粕废水 K_d 值较大表明其比纸浆和造纸废水易降解; 基质最大比去除速率 V_{\max} 和饱和常数 K_s 的大小反映了废水生化性能的难易程度。从上述测定结果与分析可知, 经两相厌氧处理后的废水, 虽比一般纸浆和造纸废水具有更好的可好氧处理性, 但仍属较难降解有机废水。

(3) 由于棉浆粕废水经两相厌氧工艺处理后出水基质浓度仍很高, 且含大量较难生化处理的物质, 现场实际运行情况初步表明, 采用非限制曝气方式运行的 SBR 工艺是比较合理的, 在此过程中基质进行了有效的生物降解, 去除率基本稳定在 40% 左右, 如图 1 所示。关于非限制曝气和限制曝气的最终优选确定, 有待于进一步研究和在实践中验证。

4 结束语

本文以建成生产性处理设施为依托, 进行了现场试验研究, 估算生化处理系统中关键单元设施——SBR 池的动力学参数, 通过对测定结果比较和分析可知, 经两相厌氧处理后的棉浆粕废水, 虽比一般纸浆和造纸废水具有较好的可好氧处理性, 但仍属较难降解有机废水。

符号说明:

- MLSS——混合液悬浮固体浓度 mg/L ;
- MLVSS——混合液挥发性悬浮固体浓度 mg/L ;
- SV——污泥沉降比;
- SVI——污泥体积指数 mL/g ;
- V ——基质比去除速率 $mgBOD_5/mgVSSd^{-1}$;
- X ——曝气反应阶段污泥平均浓度 mg/L , 有 $X = (X_1 + X_2)/2$;
- X_1, X_2 ——曝气反应阶段相邻两时间点上混合液活性污泥浓度 mg/L , 以 MLVSS 计;
- S_1, S_2 ——曝气反应阶段相邻两时间点上混合液

基质浓度 mg/L ,以 BOD_5 计 ;

Δt ——相邻两取样点时间间隔 ,本试验取 $\Delta t = 30 \text{ min}$;

θ ——细胞平均停留时间 d ;

V_{\max} ——基质最大比去除速率 $\text{mgBOD}_5/\text{mgVSS} \cdot \text{d}^{-1}$;

K_s ——饱和常数 mgBOD_5/L ;

Y ——产率系数 $\text{mgVSS}/\text{mgBOD}_5$;

K_d ——衰减系数 d^{-1} .

注 :文中符号上标带“ ’ ”表示基质浓度以 COD_{cr} 计 .

参考文献 :

[1] 高健磊 ,曾 科 . 河南神力集团三门峡化纤厂废水处理改造工程设计说明书[R] . 郑州工业大学综合

设计研究院 ,1999 .

[2] ORHON D. Substrate removal mechanism for sequencing batch reacto[J] . Water Science and Technology ,1985 ,18 (6) 21-23 .
[3] 戚以政 ,汪叔雄 . 生化反应动力学与反应器[M] . 北京 :化学工业出版社 ,1999 .
[4] 国家环保局 . 水和废水监测分析方法[M] . 北京 :中国环境科学出版社 ,1997 .
[5] 顾夏声 . 废水生物处理数学模式[M] . 北京 :清华大学出版社 ,1993 .
[6] 顾夏声 ,黄铭荣 . 水处理工程[M] . 北京 :清华大学出版社 ,1985 .
[7] 王志盈 ,谢晋肃 . 活性污泥动力学公式中几个参数含义的探讨与分析[J] . 中国给水排水 ,1990 ,14 (4) : 35-39 .

Determination of the Aerobic Kinetic Constants in the Treatment System for the Cotton Pulp Mill Wastewater

LI Yu - qing¹ , GAO Jian - lei¹ , CAO Jun²

(1. College of Environmental & Hydraulic Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China 2. Zhengzhou Wastewater Purification Ltd. , Zhengzhou 450046 , China)

Abstract : A study on the the determination of the kinetic constants in SBR unit is carried out on the full-scale plant using the two-phase anaerobic-aerobic SBR-flocculation and coagulation settling combined technigne , treating cotton pulp mill wastewater under the naturally changing temperature of the wastewater . The kinetic constants include V_{\max} , K_s , Y and K_d . It yields values of $0.70 \sim 0.91 \text{mgBOD}_5/\text{mgVSS} \cdot \text{day}$ for V_{\max} , $15.5 \sim 20.4 \text{mgBOD}_5/\text{L}$ for K_s , $0.66 \sim 0.69 \text{mgVSS}/\text{mgBOD}_5$ for Y , $0.031 \sim 0.041 \text{day}^{-1}$ for K_d , $0.52 \sim 0.74 \text{mgCOD}_{\text{cr}}/\text{mgVSS} \cdot \text{day}$ for V_{\max}' , $9.3 \sim 14.2 \text{mgCOD}_{\text{cr}}/\text{L}$ for K_s' , $0.38 \sim 0.45 \text{mgVSS}/\text{mgCOD}_{\text{cr}}$ for Y' , $0.021 \sim 0.029 \text{day}^{-1}$ for K_d' . Compared with the experimental results reported in the literature about the paper pulp mill wastewater , it indicates that the effluent of the two-phase anaerobic system is more biodegradable than the paper pulp mill wastewater , but it still belongs to the hard-to-biodegradable wastewater .

Key words : cotton pulp mill wastewater ; the two-phase anaerobic-aerobic treatment system ; full-scale plant experiment ; SBR ; kinetic constant