

内循环生物流化床处理丙烯酸废水的试验

周平 钱易

(清华大学环境工程系,北京 100084)

摘要 介绍内循环三相生物流化床处理丙烯酸废水的中试研究。当进水 COD 为 710—992mg/L 时,平均去除容积 负荷 Nv=4.0kgCOD/(m³・d),污泥负荷 Ns=1.6kgCOD/(kgVSS・d);进水 COD 为 1277—2276mg/L 时,Nv= 6.8kgCOD/(m³ · d), N_s=2.8kgCOD/(kgVSS · d); 氧利用率约17%。同时对流化床出水进行了后处理试验,提出了 丙烯酸废水的治理方案。

关键词 丙烯酸废水,内循环三相生物流化床,废水生物处理。

目前,废水的生物处理仍以活性污泥法为 主。众所周知,活性污泥法存在着能耗大、基建投 210L,反应器底部有一有机玻璃观察区。内循环 资大、占地大、负荷低、可能发生污泥膨胀等缺 点。而生物滤池、生物接触氧化池、生物转盘等又 小的惰性载体供微生物附着生长,当在 I 区(升 不同程度地存在着堵塞、处理效率不高等问题。 内循环三相生物流化床基本上解决了上述问题 并克服了传统流化床的某些缺点。本文采用内循 环生物流化床对丙烯酸废水进行了处理试验,取 得了较好的结果。

1 试验材料和方法

试验流程如图1所示。某化工厂丙烯酸生产 车间排出的废水经立式泵由蓄水池提升至储水 罐以配成不同浓度的废水,该废水由水泵提升进 入流化床反应器。



图1 试验流程

1. 蓄水池 2. 储水罐 3. 流化床

本试验所用内循环三相生物流化床为钢制 内筒直径 0.2m,外筒直径 0.3m,总高 8.6m,反 应区体积 350L,分离区体积 60L,沉淀区体积 三相生物流化床工作原理为:反应器内装填有细 流区)进行曝气充氧时,由于 I 区和 I 区(降流 区)的密度差使得 I 区内空气、废水和载体一起 向上运动,在Ⅰ区的顶部Ⅱ区(气液分离区)大量 气体继续上升而逸出反应器,而大量废水与载体 在 I 区作向下运动,部分废水排出反应器外。

试验用丙烯酸废水中配入了少量的生活污 水,因原废水中缺乏磷,故人工投加了一定量的 NaH₂PO₄ 作为补充。试验用废水水质:COD710-2276mg/L,NH⁺-N 10. 8-33. 4mg/L, TP 1. 3-13.0mg/L,水温 15-23℃,pH8.2-8.6。

采用陶粒作为载体,粒径范围 0.8-1.6mm。

主要测试项目:

COD:用 COD 快速测定仪测定;NH⁺-N:纳 氏试剂比色法;TP:磷钼蓝分光光度法;固体浓 度:称量法。

2 试验结果分析与讨论

第一阶段试验结果分析 2.1

国家自然科学基金资助项目 收稿日期:1994-03-10



由图 2 可见,在进水 COD、NH⁺-N 及 TP 浓 度相对稳定,流量波动较大情况下,出水 NH⁺-N 和 TP 浓度变化不大,除受到流量突然增大的冲 击影响(相应于停留时间从 3.3h 降至 1.5h),出 水 COD 曾上升至 550mg/L 外,一般均稳定在 150—250mg/L 之间。

投配负荷 N[']_v 与去除负荷 N_v 之间成正比关 系,见图 3 和式(1)。



图 3 N^v 与 N^v 关系

由于在运行中未曾排过剩余污泥,所以泥龄 SRT 可用式(2)进行估算:

$$SRT = \frac{V_1 X_1 + V_2 X_2 + V_3 X_3}{Q X_{eff}}$$
(2)

式中,Q:出水流量(115L/h); X_{sff} :出水中挥发性 固体浓度(0.866gVSS/L): V_1 :反应区体积 (350L); V_2 :分离区体积(60L); V_3 :沉淀区体积 (210L); X_1 :反应区污泥浓度(2.48gVSS/L); X_2 : 分离区污泥浓度(2.48gVSS/L); X_3 :沉淀区污泥 浓度(1.075gVSS/L)。

将上述数值代入式(2)可求得 SRT 为 14h, 可见其泥龄较短,NH⁺-N 的去除估计是微生物 同化与部分硝化作用的结果。

在稳态条件下反应器中各部分的污泥浓度 不再随时间变化,此时每日出水中带出的污泥量 即为污泥的增长量,故污泥产率系数 Y 可按式 (3)计算:

$$Y = \frac{QX_{\text{eff}}}{Q(S_o - S_e)} = \frac{X_{\text{eff}}}{S_o - S_e}$$
(3)

式中,S。、S。分别为进、出水 COD 浓度。

由式(3)可求得第一阶段平均产率系数为 1.1kgVSS/kgCOD,约为活性污泥法的1.5—2.2 倍。由于该装置的HRT、SRT均较短,而有机负 荷又较活性污泥法高得多,其污泥负荷 Ns 为 1.6kgCOD/(kgVSS・d),故Y值也较高。

2.2 第二阶段试验结果分析

(1)

本阶段向储水罐补充了高浓度废水,并投加 了磷源 NaH₂PO₄,进水 COD1277—2276mg/L, NH⁺-N 10.8—30.8mg/L,TP 3.2—13.0mg/L。 进水通过流量计控制,流量较稳定,气水比为10 :1,每个运行期在7d以上,以期获得稳态结果。 试验结果如图 4—6 所示。

由图 4 可知,在污泥浓度大致相等的情况 下,第二阶段有机物去除体积负荷 N_v 比第一阶 段提高 50%以上,污泥负荷 N_s 提高 40%左右, 除 NH[†]-N 去除率低于第一阶段外,COD 与 TP 去除率均高于第一阶段,可见生物流化床在较高 的有机物浓度下运行更能显示其优越性。图 5、 图 6 表明,SRT 随停留时间的延长而增大,大致 成直线关系;产率系数 Y 随 SRT 的增大而减小。



1. 进水 2. 出水 3. 去除率 4. 负荷

投配负荷 N', 与去除负荷 N_v 的关系见图 2,其关系与第一阶段相同,符合式(1)。





2.3 有机物降解动力学

假设内循环三相生物流化床内有机物的降 解为一级反应,并且反应器内呈完全混合态,则 其有机物降解的动力学方程用下式表示⁽¹⁾:

$$N_{\rm s} = \frac{S_{\rm o} - S_{\rm e}}{X\theta} = K(S_{\rm e} - S_{\rm n}) \qquad (4)$$

式中,X:污泥浓度(gVSS/L); 0:水力停留时间 (d); K:有机物降解反应速率常数[L/(mg • d)]; Sn:不可生物降解的有机物浓度(mg/L,以 COD 计)。

本试验丙烯酸废水的 Ns-S. 关系如图 7。





$$N_{\rm s} = 00.\,016S_{\rm e} - 1.\,28\tag{5}$$

其中, $K = 0.016L/(mg \cdot d)$, $S_n = 80mg/L_o$

第二阶段,有机物降解的动力学方程为:

$$N_{\rm s}=0.012S_{\rm e}-2.40$$
 (6)

其中, $K = 0.012L/(mg \cdot d)$, $S_n = 195mg/L$ 。

由此可见,对于不同浓度的丙烯酸废水,其 K值大致相同,而 Sn值不同。第一运行阶段进水 COD 平均为 850mg/L, Sn 与进水 COD 之比为 0.094,第二阶段平均进水 COD 为 1776mg/L,其 比值为 0.110。可见,对于不同浓度的丙烯酸废 水,其 S_n/S_n 与 K 值基本一致。

2.4 空气用量和氧的利用率

在气水比为 10:1,停留时间为 5h,供气量 为 0.7m³/h 时,反应器中溶解氧为 3.8mg/L,出 水溶解氧为 1.0mg/L,此供气量不仅能保证微生 物好氧呼吸,也同时能满足载体良好的流化条 件。

供氧量 $G = Q_s \times 21\% \times 1.43 = 0.3Q_s$ (7) 式中, Q_s :供气量(m³/d);21%:空气中氧的体积 分率;1.43:氧在标准状态下的容重(kg/m³)。

需氧量 R = AQ(S₆ - S₆)/1000 + BVX (8) 式中;V:反应器体积(m³);A:降解每 kgCOD 所需 氧量,对于化工废水取 0. 30⁽²⁾(有机物以 COD 计);B:污泥自身氧化率(d⁻¹),取 0. 16⁽²⁾。

将试验结果代入式(7)、(8),可求得本试验 中氧的利用率 $E = \frac{R}{G} = 17.3\%$,可见内循环三相 生物流化床具有良好的氧转移特性和较高的氧 利用效率。

2.5 流化床出水的后处理

本试验中存在的一个问题是当停留时间较 短时(HRT<4h),流化床出水浑浊,COD值较高。 为此进行了投加接触氧化池污泥的对比试验,以 模拟流化床出水进行好氧后处理,结果如表1所示。

表1	流化床	出水后	处理试验	(CODmg/I	.)
----	-----	-----	------	----------	----

	投加接触氧化污泥		未投加接触氧化污泥		
町 (11)	过滤	静置 30min	过滤	静置 30min	总
0	377	572	329	554	608
1	275	430	240	409	484
2	288	444	208	390	457
3	288	435	217	364	359
4	293	461	457	457	461

由表 1 可见,投加接触氧化污泥后流化床出 水残余的 COD 去除主要是在曝气后 1h 内完成, 而随着曝气时间的延长,溶解性 COD 和静置 30min 后的 COD 均不再下降,反而略有上升的 趋势,但出水浊度变小,澄清度改善。由此可见, 流化床的出水再经过接触氧化的后处理以降低 浊度和残余 COD 是可行的,这样一方面发挥了 流化床负荷高、处理能力大的优势,另一方面又 利用了固定床出水水质好的特点。

如果不投加接触氧化污泥,溶解性 COD 去 除在曝气后 2h 内完成,以后略有上升,而静置 30min 后和总 COD 均一直随曝气时间而下降, 这一点与投加接触氧化污泥不同。

2.6 处理高浓度丙烯酸废水建议方案

根据试验结果,对于 COD 为 2000mg/L 的丙 烯酸废水建议采用如下处理工艺流程:

原水───流化床───好氧后处理───沉淀 池───>出水

其中流化床水力停留时间 5h, $N_v =$ 7. 2kgCOD/(m³ • d), $N_s = 3$. 0kgCOD/(kgVSS • d);好氧后处理采用接触氧化,停留时间 1h,或 采用空气提升管塔式反应器(不投加载体的循环 式流化床),停留时间 2h。

3 结论

(1)由于内循环三相流化床采用塔式反应器 结构,其有机物负荷又高,因而可大大减小占地 面积。

(2)当进水 COD710—992mg/L 时,COD 平 均去除率 69%, Nv = 1.2—8.8kgCOD/(m³ · d), 平均为 4.0kgCOD/(m³ · d),有机物降解动力学 方程为 Ns = 0.016Se - 1.28;进水 COD1277— 2276mg/L 时,COD 平均去除率 72.4%, Nv = 5.5—7.5kgCOD/(m³ · d),平均为 6.8kgCOD/ (m³ · d),有机物降解动力学方程为 Ns = 0. 012Se - 2.4。

(3)反应器内良好的传质条件使得氧利用率 高达 17%。

(4)采用好氧工艺对流化床出水进行后处理 是合理和可行的。

参考文献

- 1 顾夏声.废水生物处理数学模式.北京:清华大学出版社, 1982:47
- 2 哈尔滨建筑工程学院.排水工程(下册).北京:中国建筑工业 出版社,1987.83

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

sands, measurements should be made also on the concentration of yellow sand aerosol, the distribution of its particle sizes, the chemical compositions in the particles of different sizes, and the changes in rainborne soils, rainfall, dust deposition, and air temperature.

Key words: surface dust storm, yellow sand, TSP, Haboob phenomenon, The Hexi (Gansu) Corridor.

Study on Acrylic Wastewater Treatment Using an Internal Circulating Bio-Fluidised Bed. Zhou Ping and Qian Yi (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084): Chin. J. Environ. Sci., 16 (1),1995, pp. 58-61

A pilot study on acrylic wastewater treatment by using an internal circulating three phase bio-fluidised bed was conducted. There were N_{ν} of 4.0 and 6.8 kgCOD/(m³ • d) and $N_{\rm s}$ of 1.6 and 2.8 kgCOD/ (kgVSS • d) when the influent had COD of 710 to 992 mg/L and 1277 to 2276 mg/L, respectively. Oxygen utilization rate was about 17%. Posttreatment experiment of the effluent from fluidised bed was also carried out and an acrylic wastewater treatment process was suggested.

Key words: acrylic wastewater, internal circulating three phase bio-fluidised bed, wastewater treatment.

Determination of Iron (I) and (I) in water by Ion Chromatography Combined with Atomic Absorption Spectrometry. Wang Xiaoqin et al. (Dept. of Chemistry., Tsinghua Univ., Beijing 100084); Chin. J. Environ. Sci., 16(1), 1995, pp. 62-64

A method for determination of Fe(I) and Fe(I), which combines ion chromatography and atomic absorption spectroscopy, is described. Fe(I) and Fe (I) were first separated on a Shima Pack column packed cation-exchange resin, and then determinated by a graphite furnace atomic absorption spectrometry. The detection limits of Fe(II) and Fe (I) were at the 7.7 ng \cdot ml⁻¹ and 3.8 mg \cdot ml⁻¹, respectively. The method has been successfully used in iron species of tap water and river water.

Key words: ion chromatography, atomic absorption spectrometry, iron, species analysis.

Analysis of Atmospheric Particulates and Organic Pollutants in Datong. Liu Ruilian et al. (Datong Municipal Institute of Environmental Protection, Datong 037006), Zhao Zhenhua (Beijing Municipal Research Academy of Environmental protection, Beijing 100037): Chin. J. Environ. Sci., 16(1),1995, pp. 65-67

This paper reports the determination of atmospheric

particulates from different functional districts in Datong. The inhalatable particulates ($< 10\mu m$) concentration accounts for about 50% of the total suspended particulates (TSP). The extracts in methylene chloride representing the total polluted organic materials account for about 20% of TSP. The compounds in the total polluted organic materials identified with GC, GC/MS and HPLC included 38 compounds of benene series and other aromatic hydrocarbons, 31 compounds of paraffins, and 14 compounds of phenols, ketones, nidrogen-containing organic and phthalates.

Key words: air pollution, particulate, organic pollutants.

Sequential Determination of Trace Chromium (VI), Nickel and Zinc in Electroplating Waste Waters by Flow-injection Spectrophotometry. Wang Peng et al. (Dept. of Applied Chemistry Harbin Institute of Technology, Harbin 150006): Chin. J. Environ. Sci., 16(1), 1995, pp. 68-70

An autmated flow-injection system is described for the sequential spectrophotometric determination of trace Cr (VI), Zn and Ni in waste waters. The sample analsis frequency is $60h^{-1}$ and the detection limit is 0.1 mg/L(Cr), 0.2mg/L(Zn), and 0.3mg/ L(Ni), respectively. The relative standard deviation is around 1%. Results obtained with the proposed method are in a good agreement with the standard manual spectrophotometric methods.

Key words:environmental monitering, flow-injection analysis, chromium (V), nickel, zinc, wastewater.

Studies on the Determination of Nitrite with a Stopped Flow- Catalytic Spectrophotometric Procedure. Wang Jianhua and He Ronghuan (Chemistry Dept. of Yantai Teachers College, Yantai 264025): Chin. J. Environ. Sci., 16(1), 1995, pp. 71-73

A stopped catalytic flowspectrophotometric procedure for the determination of nitrite was established based on it's catalytic effect on the bromate-rhodamine В oxidation decolouring optimal the reaction. The conditions for determination were established as $: [KBrO_3] = 5.0$ $\times 10^{-2}$ mol • L⁻¹, [rhodamine B] = 4.8 $\times 10^{-5}$ mol • L^{-1} , $[H_2SO_4] = 0.75mol \cdot L^{-1}$, and 50°C. The calibration graph was linear for $0-0.6\mu g \cdot L^{-1}$ NO_2^- , and the detection limit was 2 ng • L⁻¹. The reproducibility of the method was good, and the selectivity was improved significantly, with respect to conventional procedures. Nitrite contents in soil, vegetable, rain water and wastewater had been determined, and the results were satisfactory, the