

文章编号: 1006-9941(2006)01-0059-03

## 以壳聚糖为载体的固定化微生物处理 TNT 废水研究

肖湘竹<sup>1</sup>, 韩敦信<sup>2</sup>, 徐永红<sup>1</sup>, 张金伟<sup>1</sup>

(1. 中国工程物理研究院工学院, 四川 绵阳 621900;

2. 中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

**摘要:** 以壳聚糖为包埋剂制备固定化厌氧污泥微球并采用上流式厌氧污泥床对 TNT 废水进行降解, 实验运行的结果表明: 上流式厌氧污泥床具有启动快、运行效果稳定、产泥量少的特点, 固定化微生物法对梯恩梯 (TNT) 处理效果良好, 去除率可达到 75.76% ~ 94.76%。

**关键词:** 环境工程学; 梯恩梯 (TNT); 固定化厌氧污泥微球; 上流式厌氧污泥床; 废水处理

**中图分类号:** TJ55; X13

**文献标识码:** A

### 1 引 言

废水厌氧生物处理是环境工程与能源工程中的一项重要技术<sup>[1]</sup>, 是有机废水的处理方法之一。人们有目的地利用厌氧生物处理法已有近百年的历史<sup>[2]</sup>。传统厌氧法的主要缺点是废水停留时间长、有机负荷率低, 在过去一直没有得到广泛的应用<sup>[3]</sup>。由于社会经济和城市建设的发展所带来的日益严重的环境问题和能源危机, 人们对厌氧处理法进行了比较深入的研究, 不断开发出新的厌氧处理工艺和构筑物, 使这一处理技术的理论和实践有了很大进步<sup>[4]</sup>。

梯恩梯 (TNT) 高能炸药是有毒且可诱导机体突变的物质, 若其生产废水直接排入水环境中, 会给水体造成严重污染; 现阶段采用的处理方法主要有吸附法、萃取法、化学氧化法和焚烧法, 这几种处理方法分别存在工艺流程复杂、处理费用高、易造成二次污染等问题, 所以应用受到限制。

针对某研究所混合炸药的生产和加工实际以及废水中有机溶剂浓度高这一特点, 开展了上流式厌氧污泥床固定化微生物降解的研究, 结果表明 TNT 处理效果良好。

### 2 实 验

#### 2.1 废水水质特征

本研究所取废水来自某研究工业废水调节池。试验前将废水用纱布及棉花进行过滤除去其中的机械杂质、悬浮物等。废水水质 (22 °C, pH = 6.9) 见表 1。

表 1 TNT 生产废水水质  
Table 1 Quality of waste water containing TNT

component	average results
COD/mg · L <sup>-1</sup>	2750
COD <sub>filt</sub> /mg · L <sup>-1</sup>	2450
BOD <sub>5</sub> /mg · L <sup>-1</sup>	1870
COD <sub>BD</sub> /mg · L <sup>-1</sup>	2205
SS/mg · L <sup>-1</sup>	100
TNT/mg · L <sup>-1</sup>	64
TN/mg · L <sup>-1</sup>	19.5
TP/mg · L <sup>-1</sup>	-
acetic ether/mg · L <sup>-1</sup>	1390
methyl-sulfoxide/mg · L <sup>-1</sup>	967

Note: COD, chemical oxygen demand. COD<sub>filt</sub>, chemical oxygen demand after filtering. BOD<sub>5</sub>, biochemical oxygen demand. COD<sub>BD</sub>, chemical oxygen demand after treatment. TN, total nitrogen. TP, total phosphorus.

#### 2.2 菌种的筛选及驯化

本实验用的菌种是取自某研究院动力部净水厂厌氧消化池, 污泥颜色黑亮。平均粒径 2 ~ 3 mm, 且沉降性良好。用水缓慢冲洗, 以细滤网过滤, 除去表面有机物质并用滤纸吸干水分后装入消化瓶中进行实验; 培养液组分为葡萄糖及无机盐 (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>), 在高温灭菌条件下加琼脂固化成培养基, 然后在无菌条件下, 接种放入生化培养箱在温度为 27 °C 下培养 5 天即可得到实验用的菌种。再用培养液和 TNT 生产废水的混合液培养驯化 (每 24 h 更换一次混合液) 驯化 21 天。

#### 2.3 固定化厌氧污泥微球的制备

##### 2.3.1 原 料

① 浓缩污泥: 试验中所用浓缩污泥为驯化 21 天的厌氧污泥, 在 4000 r · min<sup>-1</sup> 条件下, 离心 15 min 而得, 污泥浓度为 70.7 g · L<sup>-1</sup>。

② 壳聚糖溶液: 壳聚糖溶液的浓度为 10%。

收稿日期: 2005-03-18; 修回日期: 2005-05-10

作者简介: 肖湘竹 (1972 -), 女, 硕士, 从事环境化学的教学与科研工作。

### ③ 饱和硼酸溶液

#### 2.3.2 制备过程

将浓缩污泥与10%壳聚糖溶液按重量比为1:1混合后,滴入饱和硼酸溶液中进行交联,交联时间为9 h,得到球状固定化厌氧污泥,取出小球用自来水冲洗,晾干备用。

将制备好的固定化厌氧污泥微球放入上流式厌氧污泥床。

#### 2.3 试验流程

本试验工艺流程如图1所示。

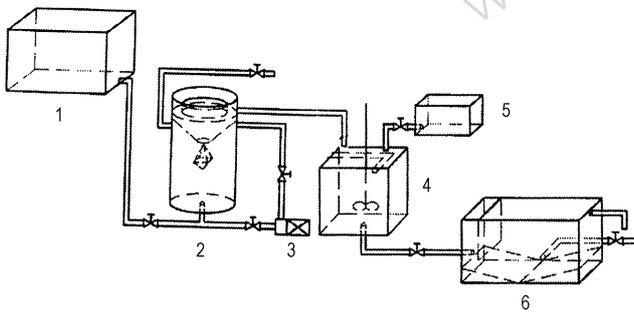


图1 TNT废水生化处理工艺流程

1—高位槽, 2—上流式厌氧污泥床, 3—水泵,  
4—絮凝剂贮池, 5—斜板沉淀池, 6—混凝池

Fig. 1 Process chart of biochemical treatment for waste water containing TNT

1—elevated tank, 2—upflow anaerobic sludge bed,  
3—water pump, 4—flocculant storage pool,  
5—tilted-plate separator, 6—coagulatory settler

### 3 试验结果与讨论

采用上流式厌氧污泥床反应器,对该废水进行厌氧降解处理。试验结果见图2~5。

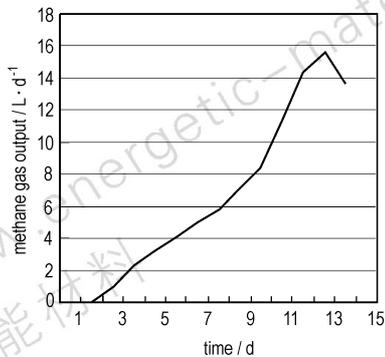


图2 反应启动初期产气量

Fig. 2 Methane gas output in the preliminary reaction

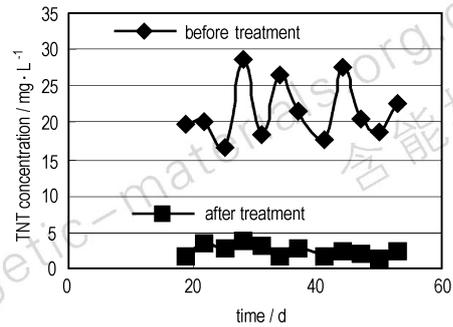


图3 进出水TNT浓度

Fig. 3 TNT concentration before treatment and after treatment

由图2可知,在启动的前几天,产气量增加较快。说明在使用本研究中制备的固定化厌氧污泥微球时,产甲烷菌活跃需要时间较短。

由图3可知,TNT的进水浓度在 $16.5 \sim 28.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间,出水浓度在 $1.5 \sim 4.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间,出水浓度明显低于进水浓度。说明固定化微生物法能够较好地降解TNT这类难降解的硝基化合物,处理效果良好,TNT的去除率为75.76%~94.76%。

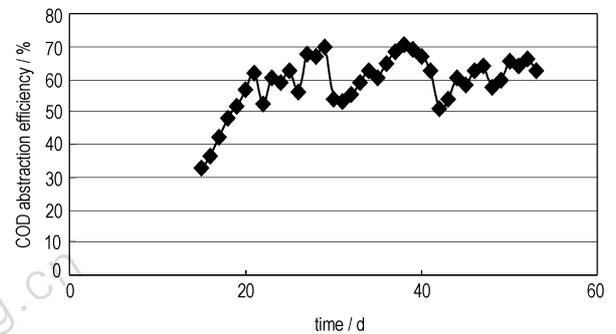


图4 上流式厌氧污泥床COD去除率

Fig. 4 COD abstraction efficiency in upflow anaerobic sludge bed

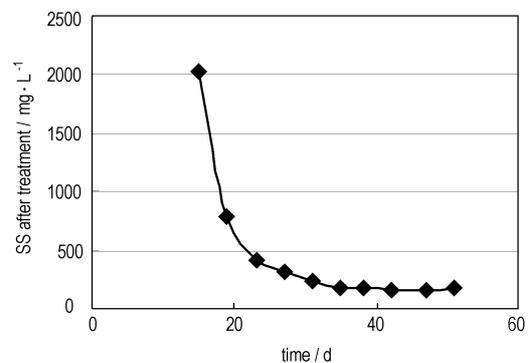


图5 出水悬浮物的浓度

Fig. 5 Suspended solids (SS) after treatment

由图 4 数据明显看出,固定化厌氧污泥微球生化降解 TNT 生产废水的 COD 值变化呈振荡下降趋势,从第 20 天起,COD 去除率达 50% 以上,并在 50.8% ~ 70.6% 之间波动。

经深入分析认为,出现振荡现象的主要原因在于废水中有机污染物被氧化的程度。其实在 COD 测定实验中,并非所有的有机物在加热回流情况下都能被完全氧化,如芳香族化合物氧化率不是很高,吡啶甚至不被氧化,而 TNT 废水中的有机污染物恰恰含有多种难以被氧化的芳香族物质,不能被完全氧化而显示较低的 COD 值;随着生化降解的逐步进行,大分子的芳香族物质因复杂的生化反应发生开环、断裂而变成易被完全氧化的链状物质<sup>[5]</sup>,测得的 COD 值升高,接着链状物质逐渐降解,测得的 COD 值也随之降低。

废水 COD 的这种变化规律,恰恰表明了固定化厌氧污泥微球对废水中有机污染物能进行有效的降解,废水中的污染物随生化反应的进行而发生着复杂的结构变化。

由图 5 可知,第 15 天到 23 天内,出水悬浮物浓度从 2029 mg · L<sup>-1</sup> 迅速下降到 420 mg · L<sup>-1</sup>,随后下降速度变缓,最后,处理后的出水中剩余微生物量很少,在第 35 天以后,出水的悬浮物浓度(SS)在 170 mg · L<sup>-1</sup> 上下,SS 的去除率为 88.6% ~ 91.4%。随着上流式厌氧污泥床的启动运行,固定化微生物技术

污泥产量少的特点越来越突出。充分证明了固定化微生物技术利于固液分离。出水中剩余微生物量很少,因此,固定化微生物技术不需要大型沉淀池固定投资。

#### 4 结 论

以自制固定化厌氧污泥小球为填料的上流式厌氧污泥床具有启动快、运行效果稳定、产泥量少的特点;运行稳定时,COD 的去除率为 50.8% ~ 70.6%,TNT 的去除率为 75.76% ~ 94.76%,SS 的去除率为 88.6% ~ 91.4%。

#### 参考文献:

- [1] 牛樱,陈季华. 兼氧-好氧工艺处理高浓度化工废水[J]. 工业水处理,2000,20(8): 8-10.
- [2] 周军,郭新超,金奇庭,等. 生化法处理炸药废水研究进展[J]. 中国给水排水,2000,(1): 16.
- [3] 王凯军. 低浓度污水厌氧-水解处理工艺[M]. 北京: 中国环境出版社,1991.
- [4] Nazarenko E S. Methods for treatment of industrial waters from manufacture of 2,4,6-trinitrotoluene[J]. *Applied Microbiology*, 1991, (3): 146-148.
- [5] Katnyc Misser. Toxicity and adverse effects of trinitrotoluene (TNT)[R]. ORNL-TIRC-73-15,1973.

### Immobilized Anaerobic Treatment for Waste Water Containing TNT by Using Chitosan

XIAO Xiang-zhu<sup>1</sup>, HAN Dun-xin<sup>2</sup>, XU Yong-hong<sup>1</sup>, ZHANG Jin-wei<sup>1</sup>

(1. Institute of Technology, CAEP, Mianyang 621900, China;

2. Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

**Abstract:** The immobilized anaerobic sludge ball was prepared by using chitosan as embedding agent, and waste water containing TNT was degraded by using upflow anaerobic sludge bed. Experimental results show that the upflow anaerobic sludge bed is fast to be started, stable to be operated, and that much less sludge is produced and the removal rate of TNT is 75.76% - 94.76%.

**Key words:** environmental science; TNT; immobilized anaerobic sludge ball; upflow anaerobic sludge bed; waste water treatment