

## 一体式膜-复合生物反应器处理

## 生活污水的试验研究

65-68

白晓慧

王宝贞

李刚

(水污染控制研究室)

X799.03

**摘要** 采用缺氧好氧复合生物反应器和中空纤维超滤膜一体式组合系统处理生活污水。结果表明:复合生物反应器能维持较低的悬浮污泥浓度而总生物量较高,这样可明显减轻对中空纤维膜的堵塞,并保持良好的生物处理效果。采用中空纤维膜进行固液分离可强化生物处理效果,尤其对SS,去除效果明显,出水悬浮物几乎为零,超过原厂三级处理效果,完全可作为油田回注水或其它回用水,是一项极具开发潜力的新工艺。

**关键词** 复合生物反应器; 中空纤维超滤膜; 生活污水处理。

**分类号** X703

膜组件-生物反应器组合工艺是随着膜制造技术的进步和膜制造成本的降低而逐渐进入废水处理系统。由于膜的高效分离,可使系统出水悬浮物和浊度接近于零;出水中细菌和病毒大幅度去除;微生物完全截留在生物反应器内,使HRT和SRT完全分离,运行控制更加灵活稳定;由于反应器内微生物浓度高,容积负荷大,所以设备占地少,有利于增殖缓慢的微生物如硝化细菌的截留生长,无污泥膨胀问题,污泥产量低,易于实现自控,管理方便。

复合生物反应器是由附着生长型微生物和悬浮生长型微生物构成的混合体系,它利用载体容易截留和附着量大的特点。提高反应器中污泥浓度,改善污泥的沉降特性,克服污泥膨胀现象,使硝化菌优先附着在载体上,提高硝化效果,可大大提高现有污水处理厂的处理能力和运行稳定性。

膜组件和复合生物反应器的结合可使生物反应器保持较低浓度的活性污泥。这样既有利于改善膜的通透量,又不导致生物反应器的处理效率降低。本试验即是在大庆石油管理局乘风庄污水处理厂(该厂为三级处理,出水回注地下油田)现场采用实际生活污水,超滤膜和复合生物反应器的组合工艺,研究其对有机物、N、P、悬浮物的去除效果和运行稳定性。

## 1 试验装置和试验方法

### 1.1 试验装置

图1为试验工艺流程图。主要由复合生物反应器和中空纤维超滤膜组成。其中复合生物反应器由缺氧活性污泥和好氧复合生物系统组成。超滤膜为有机聚砜膜。

生物反应器采用D15cm有机玻璃柱制成,总容积为21.1L,其中缺氧活性污泥区8.7L,好氧复合生物区12.3L。在好氧区内装有3串共33个立体泡沫填料。超滤膜孔径0.01 $\mu$ m。曝气头为弹性微孔膜曝气器,气源从曝气沉砂池管线引入,由气体流量计控制曝气量。整个装置在污水厂格栅间内,来水先泵入一50L高位水箱,再进入生物反应器。膜出水采用真空泵间歇抽水。为比较生物处理出水与超滤出水,还同时设竖流沉淀池,并有污泥回流。在安装超滤膜前,小试装置已按A/O复合生物法运行2个月。

收稿日期:1999-04-05

白晓慧 男 1969年生 博士生/哈尔滨建筑大学市政环境工程学院(150090)

国家“九五”科技攻关项目(96-909-01-02-04)

## 1.2 试验水质

试验原水取自污水厂格栅前生活污水原水。水质指标见表1。

表1 试验进水水质(mg/L)

| 项目 | 水温        | BOD <sub>5</sub> | COD        | NH <sub>3</sub> -N |
|----|-----------|------------------|------------|--------------------|
| 范围 | 10~14℃    | 46.3~155         | 68.9~184.6 | 8.57~28.1          |
| 项目 | TN        | TP               | pH         | SS                 |
| 范围 | 14.6~39.4 | 1.08~2.7         | 6.6~7.0    | 145~200            |

## 1.3 分析项目及方法

主要分析项目为原水生物处理出水及超滤出水及污水厂三级处理出水的 COD、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、TN、TP、pH、水温、流量、出水悬浮物和浊度。分析方法为国家环保局水与废水监测分析方法。

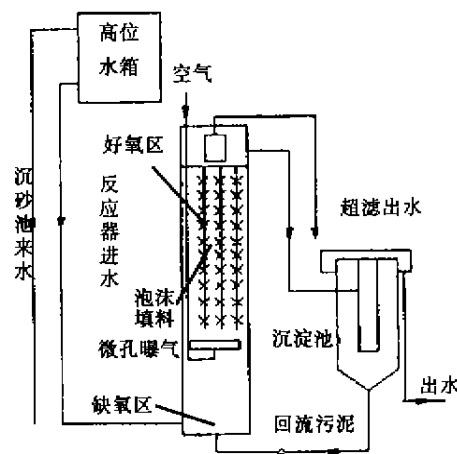


图1 膜-复合式生物处理流程

## 2 试验结果与分析

### 2.1 悬浮物与浊度的去除

整个试验期间，超滤膜能够稳定地去除悬浮物与浊度。超滤出水浊度值均低于污水厂三级纤维过滤出水。目视比色法超滤出水悬浮物小于2mg/L。出水浊度见表2。

### 2.2 有机污染物及氮磷的去除

生物处理及超滤膜去除有机物及氮磷的效果见表3及图2~图5。从以下图中可以看出，超滤膜对有机物及氮磷去除关键在于生物处理效果的好坏。而且从超滤膜的结构及除污染机理看，超滤膜最主要的作用是机械筛分，几乎没有生物作用。在本试验中，由于采用活性污泥与生物膜复合生物系统，可以大大提高好氧反应器的生物量，使硝化菌优先附着在生物膜上，从而大大提高有机物的去除和NH<sub>3</sub>-N的硝化作用。而且由于增加了缺氧段，也使系统的TN去除率大大提高。超滤使大量悬浮物被去除，也强化了TN的去除效果。本试验中生物处理TN去除率最高65%，经过超滤可使TN去除率提高至75%。试验中TP去除率不稳定。认为是反应中悬浮污泥积累在超滤膜的中空纤维束间，由于缺氧产生磷释放，使出水中可溶性正磷酸盐增高，从而影响出水TP水平。所以在膜组件设计中，应设法减少活性污泥在膜组件中的累积，改善中空纤维束间的水力流态，避免死水区。

表2 超滤出水浊度值

| 日期    | 超滤出水浊度(NTU) | 污水厂三级出水浊度(NTU) |
|-------|-------------|----------------|
| 01-07 | 1.5         | 3.5            |
| 01-14 | 2.25        | 3.5            |
| 01-20 | 0.4         | 2.5            |
| 01-28 | 0.4         | 1.3            |

表3 超滤出水 BOD<sub>5</sub> 值

| 日期    | 超滤出水 BOD <sub>5</sub> |
|-------|-----------------------|
| 01-15 | 2.1                   |
| 01-22 | 3.5                   |
| 01-27 | 0.9                   |

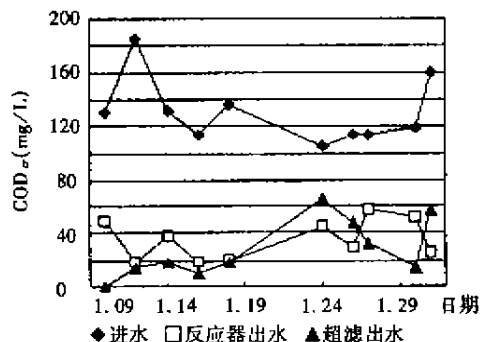


图2 有机物去除曲线

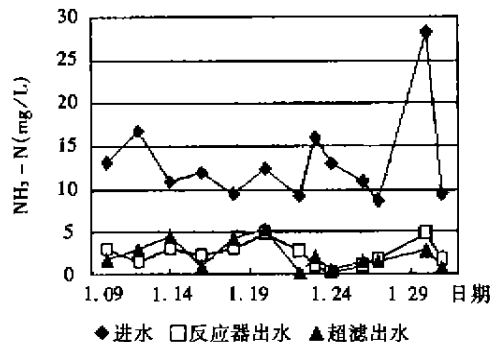


图3 NH<sub>3</sub>-N去除曲线

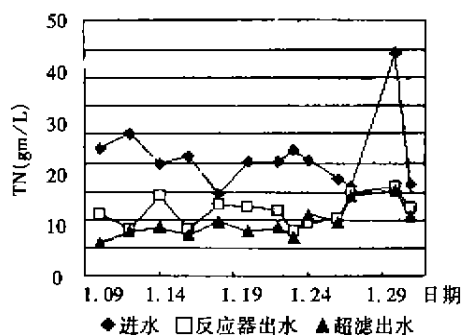


图4 TN 的去除曲线

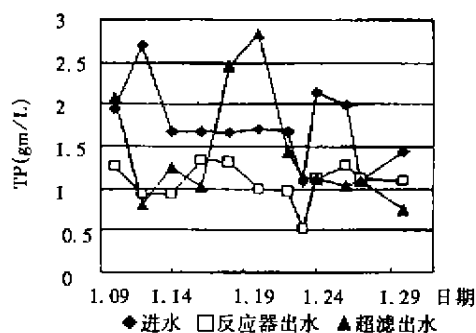


图5 TP 的去除曲线

### 2.3 膜通量的变化

试验运行期间,出水始终靠重力压差虹吸出水。因膜材质问题,经常有气体进入出水管中,影响出水流量。超滤出水量为3~5L/h,不考虑回流,反应器的HRT为4.2~7h。通量衰减十分缓慢。这充分说明复合生物反应-超滤膜工艺的优越性,利用淹没生物膜可附着生长大量生物体,并保持较低浓度的悬浮污泥。反应期间悬浮生物量仅200~600mg/L。而总生物量超过10g/L。加上曝气及水力循环冲刷,超滤膜表面覆盖层积累很少。在后来停止试验取出超滤膜时也证明了这点。普通膜生物反应器则不具备此优点,由于其中完全是悬浮生长微生物,更易堵塞膜微孔。不过试验中也发现在中空纤维束较密集的上端累积较多污泥,这个部位水力循环和曝气影响较小,这也造成了局部缺氧厌氧释磷,从而影出水TP。

试验期间,改变重力压差和曝气量,超滤出水量明显发生变化。压差为1.3m水柱时,通量为3.26L/h,压差为1m水柱时通量为3L/h;曝气量为115L/h,通量为3.26L/h;曝气量为110L/h,通量为2.4L/h;曝气量为100L/h时通量,通量为1.8L/h。

## 3 结论

1. 一体式复合生物反应器-超滤膜处理城市生活污水管理简单,运行稳定,出水水质超过现场三级污水处理厂出水。
2. 系统处理效果主要由生物处理系统决定,超滤通过去除悬浮物可强化处理效果。
3. 采用复合生物反应器可以保持较低的悬浮污泥浓度而不影响总体处理效果。本试验中,悬浮生物量200~600mg/L,总生物量超过10g/L,从而有效地减缓了过滤阻力的上升和膜的堵塞。
4. 曝气量和抽吸压力明显影响出水通量。通过调节曝气量,改变水力流态,可抑制膜表面覆盖层的累积。

## 参 考 文 献

- 1 Tatsuki ueda, KenjiHata, Yasuto Kikaoka and Osamu Seino. Effect of Aeration on Suction Pressure in a Submerged Membrane Bio-reactor. Water Research, 1992, 31: 489~494
- 2 樊耀波,王菊思,姜兆春.膜生物反应器净化石油化工污水的研究.环境科学学报,1997(1): 68~74
- 3 樊耀波,王菊思.水与废水处理中的膜生物反应技术.环境科学,1995(5): 79
- 4 A. D. Bailey, G. S. Hansford and P. L. Dold. The Enhancement of Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactor Performance Using Crossflow Microfiltration. Water Research, 1994, 28(2): 291~295
- 5 刘国信,刘录声.膜法分离技术及其应用.北京:中国环境科学出版社,1992
- 6 Kh. Krauth and K. F. Staab. Pressurized Bioreactor with Membrane Filtration for Wastewater Treatment. Water Research 1993, 27(3): 405~411
- 7 E. B. Muller, A. h. Stouthamer, H. W. Van Versevelb and D. H. Elkelboom. Aerobic Domestic Waster Water

- Treatment in Pilot Plant with Complete Sludge Retention by Crossflow Filtration. *Water Research*, 1995, 29(4): 1179 ~ 1189
- 8 邢传宏, 钱易. 超滤膜-生物反应器处理生活污水及其水力学研究. *环境科学*, 1997(5): 19 ~ 22
- 9 张绍园, 王菊思, 姜兆春. 膜生物反应器水力停留时间的确定及其影响因素分析. *环境科学*, 1997(6): 35 ~ 38
- 10 Yasutoshi Shimizu, Yu-ichi Okuno, Katsushi Uryu, Sadami Ohtubo and Atsuo Watanabe. Filtration Characteristics of Hollow Fiber Microfiltration Membranes Used in Membrane Bioreactor for Domestic Wastewater Treatment. *Water Research*, 1998, 30(10): 23 ~ 27
- 11 黄霞, 汪诚文, 钱易. 膜-活性污泥组合污水处理工艺的实验研究. *给水排水*, 1998(7): 23 ~ 27
- 12 汪洪生. 超滤技术处理人粪便. *环境导报*, 1998(2): 41 ~ 42
- 13 邵刚编著. 膜法水处理技术. 北京, 冶金工业出版社, 1992
- 14 刘锐, 黄霞, 钱易等. 一体式膜-生物反应器处理生活污水的中试研究. *给水排水*, 1999(1): 1 ~ 4
- 15 顾平, 周丹, 杨造燕. 应用膜生物反应器处理生活污水的研究. *中国给水排水*, 1998(5): 6 ~ 8

## Study on a Compact Hybrid Bioreactor - ultrafiltration Membrane

### System for Domestic Wastewater Treatment

Bai Xiaohui Wang Baozhen Li Gang

**Abstract** Domestic wastewater was treated by a combined anoxic oxic hybrid bioreactor and hollow fiber ultrafiltration membrane system. The results show that, hybrid bioreactor can remain low suspended sludge concentration and high total biomass, so that the membrane obstruction can be reduced. Solid-liquid separation directly by hollow fiber ultrafiltration membrane can enhance the biological treatment, especially the removal of SS. The effluent SS is nearly zero, better than the pressure filtered effluent used as the prime water of the oilfield from the in site sewage plant. It's a very promising process that needs to be developed further more.

**Key words** hybrid bioreactor; hollow fiber ultrafiltration membrane; domestic wastewater