

# PVC 生物填料改性与应用

熊开生, 陈志莉, 庄春龙, 沈小东, 陈逸

(后勤工程学院营房管理与环境工程系, 重庆 401311)

**摘要:** 通过添加亲水性、生物亲和性及磁性等物质对普通聚氯乙烯生物填料进行改性, 研究了改性填料的亲水性、生物亲和性以及抗冲击性能, 考察了改性 PVC 生物填料用于模拟船舶废水处理的效果。实验表明, 改性填料的水滴静态接触角降低了 17%, 含水率提高了 76%, 并能承受更高的气液比。研究表明改性 PVC 生物填料的亲水性、生物亲和性有很大程度改善, 完全可以用于各种生活污水处理。

**关键词:** 生物填料; 改性; 生物亲和性; 亲水性

中图分类号: X5

文献标识码: B

文章编号: 1674-4829(2011)S2-0001-03

## Modification of PVC Biofilm Carrier and Its Application

XIONG Kai-sheng, CHEN Zhi-li, ZHUANG Chun-long, SHEN Xiao-dong, CHEN Yi

**Abstract:** One polyvinyl chloride (PVC) biofilm carrier was modified with biocompatible, hydrophilic and magnetic additives. Its performance of hydrophile, biocompatibility and adaptation to impact load were studied. The effects of modified PVC biofilm carrier on biological treatment of simulated wastewater were studied. The results show that the surface angle of contact of PVC reduces 17%, and the adsorbed water content enhances 76%, adaptability to impact load was improved very much. The biocompatible and hydrophilic performance of the modified packing were meliorated at a great extent, and could be used in wastewater.

**Key words:** Biofilm carrier; Modification; Biocompatibility; Hydrophilic

## 0 引言

生物接触氧化是目前废水处理常用方法, 已广泛应用于生活废水、造纸废水、食品加工废水等领域。生物填料是接触氧化工艺的核心, 直接影响到微生物生长、繁殖及活性, 进而影响装置处理效率。目前生物填料主要有聚丙烯、聚氯乙烯、聚乙烯等高分子聚合物, 该类填料存在亲水性、生物亲和性及氧传质性能欠佳等问题, 造成反应器中污染物降解速率低和水处理效果不理想<sup>[1-2]</sup>。近年有研究者<sup>[3-5]</sup>通过对高分子材质生物填料进行改性以增强填料的亲水性、生物亲和性及氧传质能力, 大大改善了污水处理效果; 还有研究者<sup>[6]</sup>尝试利用磁效应强化污水的生物处理过程, 发现弱磁场可增加水中溶氧浓度, 诱导和激发酶的合成及维持酶的活性, 加快菌体生长, 促进

机体代谢, 从而提高污水的生物处理效率。本文针对船舶生活污水处理装置的 PVC 生物填料进行改性, 将适量的聚丙烯酰胺、聚乙烯醇、磁粉和活性炭添加到 PVC 生产原料中, 研制成一种改性 PVC 生物填料; 分析了改性 PVC 生物填料性能, 考察了改性填料用于模拟船舶废水处理的效果。

## 1 实验部分

### 1.1 原料、试剂和仪器

模拟船舶生活污水由新鲜粪便加水稀释而成, BOD<sub>5</sub> 质量浓度为 454 mg/L, COD<sub>Cr</sub> 质量浓度为 832 mg/L; 聚氯乙烯颗粒: 广州石油化工总厂; 聚乙烯醇: 汕头光华化学厂; 活性炭: 天津天达净化材料精细化工厂; 磁粉: 广东大华磁电有限公司; 聚丙烯酰胺: 汕头光华化学厂。CG105 型注塑机: 广东震德塑料机械有限公司; DW2 型充磁机: 广东大华磁电有限公司; JC2000A 型接触角测量仪: 上海中晨数字技术设备有限公司。

收稿日期: 2011-09-09

基金项目: 重庆市重大科技攻关项目(CSTC, 2007AB7032)。

作者简介: 熊开生(1975-), 男, 四川内江人, 博士研究生, 讲师, 主要从事环境监测技术与环境污染治理研究。

## 1.2 实验设计

实验采用 4 因素 3 水平方案 1 所示。

## 1.3 填料制备

依次称取适量磁粉、聚丙烯酰胺、活性炭、聚乙烯醇，混匀后与经分散润滑剂润湿的聚氯乙烯颗粒充分混合，粉末状添加剂会粘附在聚氯乙烯颗粒表面，再将混合物投入注塑机的进料漏斗中，通过填料模具挤出成形，最后将注塑出的生物填料在充磁机上充磁，得到改性 PVC 填料。

制备出的改性填料形状为波纹状，外形见图 1。

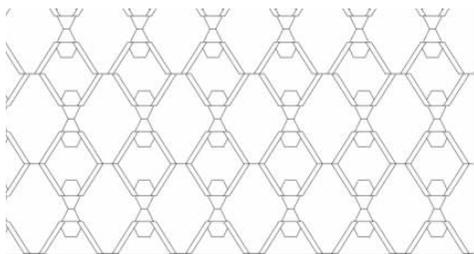


图 1 PVC 片状波纹填料

## 1.4 实验流程

实验装置选用个人研制的船舶污水处理一体化装置，模拟废水生物处理实验流程见图 2。废水从入口自流入装置，经过滤网去除杂质，再进入生物降解池，经降解处理后进入消毒池，最后由泵外排。气体由风机经调节阀、流量计、曝气器进入反应器。

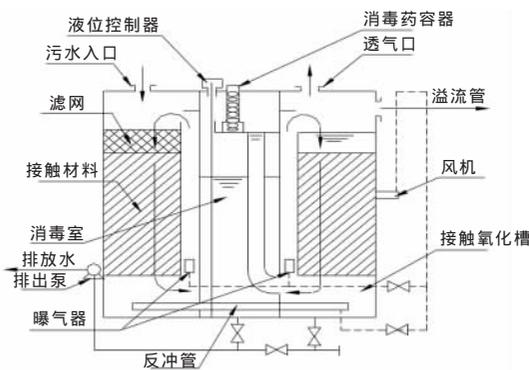


图 2 一体化污水处理装置

## 1.5 实验方法

将每组配方所得填料装填在一体化船舶生活污水处理装置中，加入  $0.5 \text{ m}^3$  模拟废水，曝气 2 d，曝气量为  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ ，采用称重法测定生物膜量，测定方法及步骤见文献<sup>[7]</sup>；对比分析理想配方所得改性 PVC 生物填料与未改性 PVC 生物填料的亲水性能、挂膜速度、抗冲击性能及用于模拟废水处理的效果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 正交实验结果分析

本实验投加磁粉质量分数分别为 2%、4%、6%，

投加聚丙烯酰胺质量分数分别为 2%、5%、8%，投加活性炭质量分数分别为 1%、2%、3%，投加聚乙烯醇质量分数分别为 2%、5%、8%，按照正交配方实验设计进行改性，得到 9 种不同配方改性 PVC 填料，将不同配方改性填料等量的装填在一体化装置中，向每个一体化装置中加入  $0.5 \text{ m}^3$  模拟废水，曝气 2 d，采用称重法测定生物膜量，实验结果见表 1。

表 1 配方正交实验结果分析

| 实验号         | 列号                  |                        |                       |                      | 实验结果<br>$\omega(\text{膜生物})/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$ |
|-------------|---------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|--|
|             | 1 <sup>#</sup> (磁粉) | 2 <sup>#</sup> (聚丙烯酰胺) | 3 <sup>#</sup> (聚乙烯醇) | 4 <sup>#</sup> (活性炭) |  |
| 1           | 1(2%)               | 1(2%)                  | 1(2%)                 | 1(1%)                | 0.019  |
| 2           | 1(2%)               | 2(5%)                  | 2(5%)                 | 2(2%)                | 0.021  |
| 3           | 1(2%)               | 3(8%)                  | 3(8%)                 | 3(3%)                | 0.022  |
| 4           | 2(4%)               | 1(2%)                  | 2(5%)                 | 3(3%)                | 0.023  |
| 5           | 2(4%)               | 2(5%)                  | 3(8%)                 | 1(1%)                | 0.026  |
| 6           | 2(4%)               | 3(8%)                  | 1(2%)                 | 2(2%)                | 0.024  |
| 7           | 3(6%)               | 1(2%)                  | 3(8%)                 | 2(2%)                | 0.024  |
| 8           | 3(6%)               | 2(5%)                  | 1(2%)                 | 3(3%)                | 0.023  |
| 9           | 3(6%)               | 3(8%)                  | 2(5%)                 | 1(1%)                | 0.025  |
| $K_1$       | 0.062               | 0.066                  | 0.066                 | 0.070                |  |
| $K_2$       | 0.073               | 0.070                  | 0.069                 | 0.069                |  |
| $K_3$       | 0.072               | 0.071                  | 0.073                 | 0.068                |  |
| $\bar{K}_1$ | 0.020 7             | 0.022 0                | 0.022 0               | 0.023 3              |  |
| $\bar{K}_2$ | 0.024 3             | 0.023 3                | 0.023 0               | 0.023 0              |  |
| $\bar{K}_3$ | 0.024 0             | 0.023 7                | 0.024 3               | 0.022 7              |  |
| R           | 0.003 6             | 0.001 7                | 0.002 3               | 0.000 6              |  |

结果表明：磁粉含量对配方影响最大，其次聚乙烯醇含量，当配方中磁粉质量分数为 4%、聚丙烯酰胺质量分数为 5%、聚乙烯醇质量分数为 8%、活性炭质量分数为 1% 时，所得配方效果较好，膜生物量最大。

### 2.2 填料亲水性能

#### 2.2.1 填料润湿性能

采用测接触角来考察填料润湿性能，取出填料内侧面，放在接触角测定仪上，用 0.005 L 的微量注射器取满量程蒸馏水缓慢地滴到填料内侧面上，立刻用接触角测定仪拍摄水滴与填料表面的照片，用量角法算出水滴与填料表面的接触角。经测量，未改性的普通填料内表面的接触角约为  $78.5^\circ$ ，而改性后降低为  $65.0^\circ$ 。结果表明填料经过亲水改性后，润湿性有很大程度提高。

#### 2.2.2 含水率

将 2 种填料在水中浸泡一段时间后取出，发现改性 PVC 填料表面有明显的连续水膜，置于空气中，水膜缓慢消失。而未改性 PVC 填料表面则挂有一些不连续水珠，且较易滑落，说明其亲水性较差。填料分别在水中浸泡 10 h 后含水率随放置时间变化关系如图 3 所示。从图 3 中看出，改性 PVC 填料含水率比未改性 PVC 填料含水率高，从浸泡中刚取出时的含水率提高约 76%。

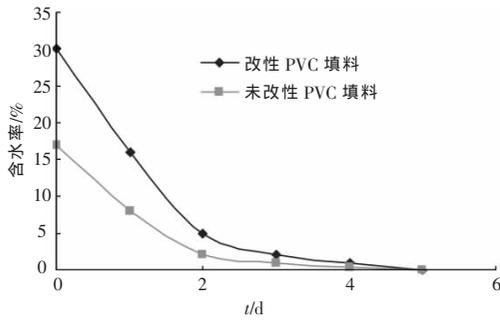


图 3 填料含水率随时间的变化

### 2.3 填料生物亲和性能

用显微镜观察改性 PVC 波纹填料与未改性 PVC 波纹填料曝气 4 d 后膜的生长情况。挂膜 4 d 后,填料表面都有透明的金黄色细菌,改性 PVC 波纹形填料表面有一层较密的金黄色膜,而未改性 PVC 波纹形填料只有部分地方长出金黄色絮状物,未见大片致密膜生成。通过称重法测定不同填料生物膜量来分析挂膜速度,曝气 4 d 后,改性 PVC 波纹形填料的  $\omega$ (生物膜)为 0.036 g/kg,未改性 PVC 波纹形填料  $\omega$ (生物膜)为 0.017 g/kg,并连续监测挂膜 4 d 内膜的生长情况,其结果如图 4 所示。可见改性 PVC 波纹填料的生物膜量明显高于未改性 PVC 波纹填料。

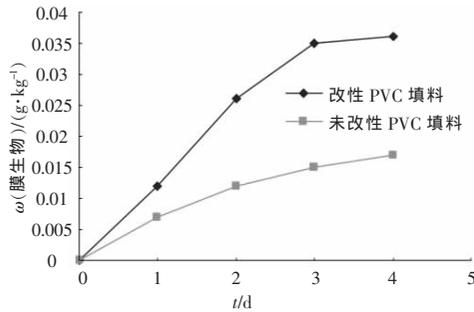


图 4 膜通量随挂膜时间的变化

### 2.4 填料抗冲击性能

充足氧是好氧微生物生存繁殖的必须条件,但随着充氧量的增多,通入空气的量也会增多,这样将会增加装置内液体对填料的冲击力。为了评价研制的改性填料抗冲击性能,选取了改性 PVC 波纹形填料与未改性 PVC 波纹形填料进行对比实验,将填料装填在 2 个相同的一体化生活污水处理装置中,待装置挂膜成功并运行稳定后连续处理配置的模拟污水,固定进水量为 0.1 m<sup>3</sup>/h,调节进气量以实现不同气液比,在不同气液比条件下考察装填不同填料的一体化装置对污水 COD<sub>C</sub> 的去除率,实验结果如图 5 所示。从图 5 可以看出,改性 PVC 波纹形填料最佳气液比为 10 : 1,未改性波纹形填料的最佳气液比为 6 : 1,可见 PVC 填料经过改性后,抗冲击性明显提高。

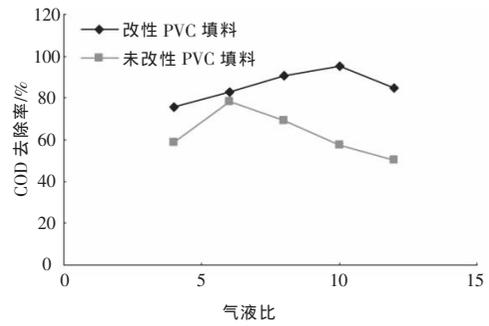


图 5 不同气液比对装置去除 COD 的影响

### 2.5 模拟废水降解效果

采用连续操作,曝气量为 1 m<sup>3</sup>/h,让装填未改性 PVC 生物填料和改性 PVC 生物填料一体化装置用于模拟废水处理,结果如图 6 所示。实验结果表明,改性填料的废水处理效率远高于未改性填料,装填改性填料的一体化装置可将模拟废水处理达标排放;实验还发现,在装有未改性 PVC 填料的一体化装置内会出现厌氧反应,而改性 PVC 填料一体化装置内未有明显厌氧反应迹象,说明改性填料能承受更高初始浓度的有机物。

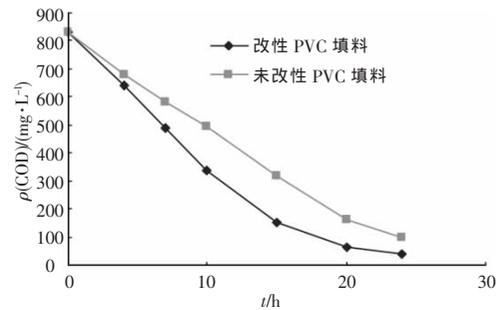


图 6 改性前后填料对废水处理效果的影响

### 2.6 船舶实际应用效果

为了进一步验证改性 PVC 生物填料处理船舶生活污水的效果,将填料装填在自制的船舶污水处理一体化装置上,再将装置安装在重庆维多利亚 5 号 SBTC-300(编号 WSC0225)上,每个轮船安装 20 个自制的污水处理装置并将装置进行串联,待装置运行稳定后委托三峡流动污染源重庆监测站对装置的进水和出水口水质进行监测,监测因子为船舶污水控制指标。运行结果见表 3。

表 3 新型 PVC 波纹填料在应用情况

| 指标 | $\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ | $\rho(\text{SS})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ | 大肠杆菌/(个·(100 mL <sup>-1</sup> )) |
|----|--|---|----------------------------------|
| 进水 | 122  | 152   | 2.4×10 <sup>8</sup>              |
| 出水 | 14.4   | 4.00  | 9                                |

注:污水流量为 14.5 t·d<sup>-1</sup>,委托三峡流动污染源重庆监测站监测。

## 3 结论

(1)普通 PVC 生物填料改性后,水滴静态接触角降低了 17%,含水率提高了 76%。

(下转第 6 页)

的角度,特别是从未来公平的交易来看,分行业的初始价格应该得到实行。能否在政策试点的前 2 年采用均价,然后逐步过渡到分类价格值得探讨。

排污总量有偿使用是以市场机制发挥基础作用、各经济主体共同参与、政府进行调节的一种有效运行手段,是我国污染控制策略的重大转变,把我国传统政府计划总量控制和浓度控制的污染控制政策转变成为用市场化运作方式经营环境容量资源,是以“管理”为特点的污染控制手段转变成为市场资源优化配置为特点的污染控制手段,将大大优化环境容量资源的配置,促进污染单位削减污染,是环境资源价值理论的具体表现。然而,排污总量的有偿使用,必定会增加企业的排污成本,从而增加企业的生产成本,也会对区域经济发展带来一定的影响。

根据各行业的排污量和平均处理成本,南京市

COD 的初始价格定位为 2 830 元/t。

#### [参考文献]

- [1] 王金南, 杨金田, STEPHANIC B G, 等. 二氧化硫排放交易-中国的可行性[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 王志轩, 朱法华, 刘思湄, 等. 火电二氧化硫环境影响与控制对策[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [3] 严如忠. 污染物总量控制指标层次分配模式研究[J]. 环境导报, 2002(2): 12 - 14.
- [4] 王励耕, 李宗恺, 陈志鹏, 等. 总量控制区域排污权的分配方法[J]. 中国环境科学, 2000, 20(1): 68 - 72.
- [5] 李寿德. 排污权交易与市场结构研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2000.
- [6] 徐 谨. 排污权市场的交易成本及体系设计研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2001.

(责任编辑 曹恩伟)

(上接第 3 页)

(2)改性 PVC 波纹填料比未改性改性 PVC 波纹填料具有更快的挂膜速度,静态下挂膜 4 d 后,改性 PVC 波纹填料的膜生物量约为未改性 PVC 波纹填料的 2 倍。

(3)PVC 填料经过改性后,抗冲击性能大大提高,其 COD 降解率也显著增大。

(4)研制的改性 PVC 波纹形填料装填在自制的一体化装置后,能将船舶生活污水处理达标排放,可以在船舶上推广应用。

#### [参考文献]

- [1] 张 凡, 程 江, 杨卓如. 废水处理用生物填料的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 5(4): 8 - 12.
- [2] 汪晓军, 罗芳旭, 何翠萍. 亲水性塑料弹性填料生物膜法处理模拟废水的研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(4): 31 - 34.

- [3] CHEN Zhi-li, YI Qi-zhen, WANG Wen-biao, et al. Research on biological contact oxidation process treating simulated ship sewage [J]. International Conference on Energy and Environment Technology, 2009, 10: 705 - 708.
- [4] 陈志莉, 易其臻, 熊开生, 等. 生物接触氧化法处理船舶生活污水的中试 [J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(6): 882 - 885.
- [5] YAVUZ H, CELEBIS S. Atypical application of magnetic field in wastewater treatment with fluidized bed biofilm reactor [J]. Chemical Engineering Communications, 2003, 190(5): 599 - 609.
- [6] YAVUZ H, CELEBIS S. Effects of magnetic field on activity of activated sludge in wastewater treatment [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2000, 26(1): 22 - 27.
- [7] 海 景, 黄尚东, 张 凡. 改性聚丙烯生物填料的制备与应用[J]. 化工环保, 2006, 26(4): 333 - 336.

(责任编辑 朱歆莹)