

FIBAX 纤维滤料在再生水工艺中的应用研究

蒋以元^{1,2} 唐标文³ 杨敏^{1*} 陈立⁴ 王建军⁵ 本多⁶

(1. 中国科学院生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室, 北京 100085;
2. 广西城市建设学校, 桂林 541003; 3. 河海大学环境工程学院, 南京 210098;
4. 中国石油宁夏化工厂, 银川 750026; 5. 北京世博恒业科技有限公司, 北京 100044;
6. 奥加诺水处理有限公司上海办事处, 上海 200131)

摘要 针对某化工厂甲醇冷凝液再生处理工艺中生化出水浊度较高, 对后续离子交换树脂产生不利影响等问题, 考察了新型 FIBAX 纤维过滤对浊度的去除情况。当采用微絮凝后 FIBAX 过滤 (滤速 50 m/h) 时, 混凝剂 PAC 最佳投加量 2 mg/L (以 Al_2O_3 计), 其对浊度的去除率为 99.9%, 出水浊度达到小于 0.50 NTU 的目标要求, 此时其过滤周期 36 h, 并且其投资和运行费用均较低。上述结果表明, FIBAX 纤维滤料能有效去除来水中的细少悬浮物, 满足后续工艺要求, 是一种新型的固液分离材料。

关键词 FIBAX 纤维滤料 再生水工艺 浊度 固液分离技术

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2008)05-0630-03

Study of FIBAX filter for removing turbidity in reclaiming wastewater technology

Jiang Yiyuan^{1,2} Tang Biaowen³ Yang Min¹ Chen Li⁴ Wang Jianjun⁵ Ben Duo⁶

(1. State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;
2. Guangxi Urban Construction School, Guilin 541003;
3. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098;
4. Ningxia Chemical Factory of China Petro, Ningxia 750026; 5. Beijing Shiboheny Technology Co Ltd, Beijing 100044;
6. Shanghai Office of Organo Corporation, Shanghai 200131)

Abstract Based on the problem of turbidity effect on the following successive ion-exchange treatment, FIBAX filter study was conducted for removing the turbidity. Under a dose of 2 mg/L PAC (Al_2O_3), filter time of 33 h and filter rate of 50 m/h, the removal of turbidity was 99.9%, the turbidity of effluent was less than 0.50 NTU and reached the aim. So the FIBAX process can be utilized as an effective and economic technology for solid-liquid separation

Key words FIBAX filter media; wastewater reclamation technology; turbidity; solid-liquid separation

为提高水资源的利用率,降低生产成本,某化工厂建成了以盘式过滤器、活性炭吸附和离子交换树脂为主要处理单元的甲醇冷凝液废水处理回用工程(处理规模 80 t/h)。由于现有盘式过滤器对浊度的去除效果不佳,出水浊度在 1~4 NTU 之间,平均值为 2.4 NTU,给后续离子交换树脂的正常运行带来了不利影响,并加速其再生频率,缩短其使用寿命。为此,有必要选用一种合适的处理单元来替代现有盘式过滤器。砂滤和膜分离是目前最为常用的固液分离技术,砂滤是最常规的过滤技术,成本低,效果稳定,但过滤速度慢、占地面积大,不适用于用地面积受到严格限制的本工程。膜分离技术虽然处理效果较好,设备紧凑,但投资和运行费用较高^[1]。纤

维过滤作为一种新型过滤技术,具有过滤速度快、占地面积少特点,在过滤效果上与砂滤相当。本试验选用日本 ORGANO CO. 公司生产的 FIBAX 纤维过滤器进行了中试试验,以考察其对水质的改善效果,为选择合适的处理单元提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验装置

本试验在某化工厂建有现场中试试验装置(图

收稿日期:2007-05-15; 修订日期:2008-03-05

作者简介:蒋以元(1973~),男,博士后,高级工程师,主要从事水处理技术研究工作。E-mail: freehorse315@163.com

*通讯联系人, E-mail: yangmin@rcees.ac.cn

1) 试验工艺如下:甲醇冷凝液生化处理出水 + 纤维过滤器过滤 + 出水。其主要由进水水箱、水泵、空气压缩机和纤维过滤器 (FBAX) 组成, 其中 FBAX 过滤器直径 280 cm, 高度 2 m, 内装 1.5 m 的纤维束填料 (日本 ORGANO CO 公司提供), 填料过滤面积为 0.06 m^2 , 设计过滤速度为 50 m/h , 设计处理水量规模 $3.08 \text{ m}^3/\text{h}$ 。试验原水来自甲醇冷凝液生化处理出水, 运行条件为进水流量为 $3.08 \text{ m}^3/\text{h}$, 反冲洗采用先气冲 3 min, 气水同时冲洗 3 min, 最后再水冲 2 min, 气冲强度为 $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$, 水冲强度 $6.02 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

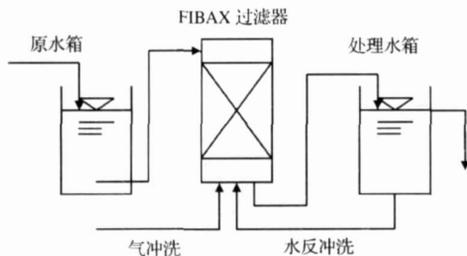


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of FBAX

1.2 分析方法

常规水质分析指标包括浊度 (分光光度法, UV3100, Uitachi Co., Japan = 420 nm)、 COD_{Mn} (高锰酸钾指数)、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (水杨酸次氯酸盐分光光度法, UV3100, Uitachi Co., Japan)、电导率 (LP2000, HANNA Instruments, Italy)、pH (pH 计, HB314, HANNA Instruments, Italy) 和温度 (温度计)。甲醇采用气相色谱测定 (GC-9A 型气相色谱 FD, 岛津)。

1.3 试验方法与原水水质

本试验首先考察了纤维过滤器在设计流量下直接过滤的效果, 然后又考察了投加混凝剂絮凝后的过滤效果, 对 FBAX 过滤进行了全面分析与评价。试验采用连续试验, 混凝剂选用聚合氯化铝 (PAC)。中试试验期间甲醇冷凝液生化出水水质特征为: 浊度 $1.2 \sim 18.7 \text{ NTU}$, 电导率 $13.8 \sim 17.2 \mu\text{s}/\text{cm}$, $\text{COD}_{\text{Mn}} < 1 \text{ mg/L}$, 氨氮未检出, 甲醇未检出, 水温 $34 \sim 37$, pH $7.6 \sim 8.9$ 。原水水质较好, 根据工艺要求, 本试验以浊度的去除为主要考察对象。

2 结果与讨论

2.1 纤维滤料 FBAX 直接过滤试验结果

图 2 为纤维滤料 FBAX 直接过滤出水浊度变化。由图可知, 试验期间进水浊度为 $1.2 \sim 8.4 \text{ NTU}$, 平均值为 2.4 NTU ; 当过滤周期为 10 h 时, 处理出水浊度在 $1.2 \sim 9.3 \text{ NTU}$, 平均值为 1.8 NTU , 平均去除率为 18%, 达不到浊度 $< 0.5 \text{ NTU}$ 目标要

求。这与进水浊度较低, 颗粒物粒径较小有关, 此外还与在进水浊度很低的情况下过滤周期过短、难以形成致密的滤饼层进行有效吸附和截留有关。因此, 当延长过滤周期到 10 d, 出水浊度出现下降趋势, 并且随着过滤时间的延长和污泥悬浮层的形成浊度去除效果越来越好, 后期浊度基本在 1 NTU 以下, 有时出水浊度达到 0.5 NTU 以下, 但不太稳定。随着过滤周期的延长, 浊度的去除效果变好, 这表明过滤周期的延长有利于污泥层的形成, 通过截留和吸附作用实现对细小悬浮物的去除。与此同时, 过滤周期内压力变化也表现出相同的趋势, 在 10 h 运行周期内, 进出口压力几乎没有变化, 这也与进水浊度较低、FBAX 上悬浮物的积累较少有关, 以致压力没有变化, 这与浊度的去除效果较差相一致。当过滤周期增大到 10 d 时, 出口压力几乎未变, 进口压力则随着过滤时间的延长、污泥悬浮层的形成, 从 0.017 MPa 逐渐增大到 0.035 MPa , 进出压差 0.06 MPa , 接近控制压差 0.07 MPa 。由此可见, 虽然通过运行条件优化可以强化 FBAX 对浊度的去除, 但直接过滤不能保证浊度有效地控制在 0.5 NTU 以下。要想达到出水浊度 $< 0.5 \text{ NTU}$ 的目标, 必须采取措施增大进水悬浮颗粒物的粒径, 以形成有利于过滤的微观环境。

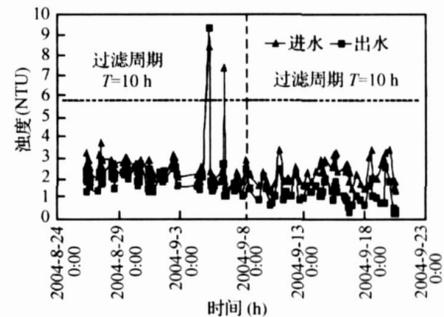


图 2 FBAX 直接过滤出水水质变化

Fig. 2 Change of turbidity from FBAX reactor

2.2 微絮凝后 FBAX 过滤试验结果

由于进水浊度较低及其悬浮物含量较少, 直接过滤不能有效地将其去除, 因而采用投加混凝剂使其形成较大的絮体后再过滤以达到较好的去除效果。本试验选用常用混凝剂 PAC, 考察其投加量对浊度处理效果、压力、过滤周期和电导率的影响。

2.2.1 混凝剂 PAC 投加量的确定

考虑到处理水电导率的变化和经济运行成本, 本试验考察了 1.5 、 2 和 3 mg/L PAC 3 个不同的投加浓度。进水浊度为 $1.4 \sim 3.5 \text{ NTU}$, 平均值为 2.4 NTU , 当投加 1.5 mg/L PAC (以 Al_2O_3 计) 时, 出水浊度 $0 \sim 1.2 \text{ NTU}$, 平均为 0.4 NTU , $< 0.5 \text{ NTU}$ 几率为 85%; 当 PAC 投加量增加到 2 mg/L , 出水浊

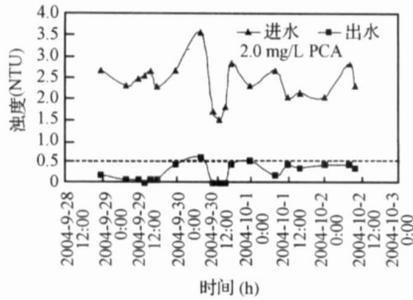


图 3 投加 2 mg/L PAC 时浊度的变化

Fig. 3 Change of turbidity with 2 mg/L PAC

度基本 < 0.5 NTU, 并且具有很强的抗冲击负荷能力, 处理效果比较稳定 (如图 3), 达到目标要求; 当继续增加到 3 mg/L 时, 浊度去除效果变化不大, 但过滤周期变短, 反冲洗频率增加, 不经济。由此可知, 最经济的混凝剂 PAC 投加量为 2 mg/L 。

2.2.2 电导率变化

图 4 为不同混凝剂投加量条件下处理出水电导率的变化, 进水电导率为 $14.5 \sim 17.5 \mu\text{s/cm}$, 出水电导率为 $14.5 \sim 19.2 \mu\text{s/cm}$ 。由此可知, 在 $1.5 \sim 3 \text{ mg/L}$ 范围内, 电导率变化对后续离子交换处理影响不大。

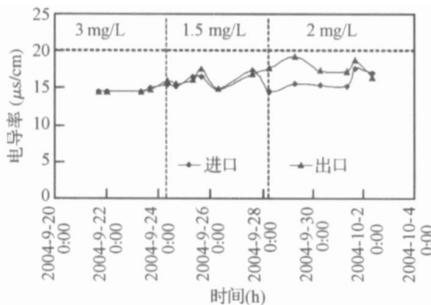


图 4 投加混凝剂后出水电导率的变化

Fig. 4 Change of effluent conductivity

2.2.3 压力变化

图 5 为不同混凝剂投加量条件下压力随过滤时间的变化。由该图可知, 出口压力比较稳定, 基本没有变化; 而进水口压力开始变化不大, 随着过滤时间的延长和污泥悬浮层的形成, 其压力逐渐增大, 尤其在后期压力增长幅度更大, 达到设定压力差。在 1.5 mg/L PAC 投加浓度条件下, 压力增长比较缓慢, 过滤 110 h 才达到设定值, 继续增大投加浓度为 2 mg/L PAC 和 3 mg/L PAC, 压力增长速度加快, 其分别达到设定压力时间为 36 h 和 33 h 。

2.2.4 过滤周期的变化

通过考察出水浊度、压力变化来确定 FBAX 过滤周期。从图 5 可知, 在 1.5 mg/L PAC 过滤周期为 110 h , 当混凝剂 PAC 投加量的增加到 2 mg/L PAC 和 3 mg/L PAC 投加浓度时, 其过滤周期变短, 分别

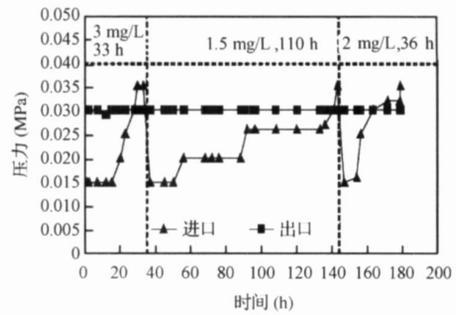


图 5 投加混凝剂后压力的变化

Fig. 5 Change of pressure

为 36 h 和 33 h 。这表明随着混凝剂投加量的增加, 由于絮凝形成污泥悬浮层而导致吸附和截留效果好, 压力增长较快致使过滤周期变短。

2.2.5 反冲洗效果

FBAX 反冲洗效果如图 5 所示, 采用气水联合反冲洗 (先气冲 3 min , 气水同时冲洗 3 min , 最后再水冲 2 min , 气冲强度为 $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$, 水冲强度 $6.02 \text{ m}^3/\text{h}$) 后, 进口压力基本可恢复到初始压力 0.015 MPa , 另外从反冲洗前后 FBAX 外观特性和变化可以清楚地看出反冲洗后滤料比较干净和清晰。由此可知, 本试验反冲洗条件对滤料的恢复较好。

3 结论

通过近 1 个多月考察 FBAX 对甲醇工艺冷凝液出水浊度去除的中试研究, 得出如下结论:

(1) FBAX 直接过滤对浊度的去除效果较差, 其去除效果随过滤周期的延长逐渐变好, 但将过滤周期延长到 10 d 时, 其出水浊度在 $0.18 \sim 9.27 \text{ NTU}$ 之间, 95% 的浊度在 $0.88 \sim 2.65 \text{ NTU}$ 之间, 仍不能满足工艺要求 (浊度 $< 0.50 \text{ NTU}$ 目标)。

(2) 当采用微絮凝后 FBAX 过滤 (滤速 50 m/h) 时, 混凝剂 PAC 最佳投加量为 2 mg/L , 滤速浊度去除率为 99.9% , 出水浊度 $< 0.5 \text{ NTU}$, 并且电导率的增加量不大, 满足工艺要求, 此时的过滤周期为 36 h 。采用气水联合反冲洗, 可以使过滤器完全恢复到初始的压头损失。

(3) 纤维过滤器具有过滤速度快、占地面积小等优点, 与微絮凝技术结合可实现浊度的高度去除, 保证出水浊度 $< 0.5 \text{ NTU}$, 在占地面积上远优于砂滤技术, 在运行成本上远低于膜过滤技术, 具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] S. B. Sadr Ghayeni, Madaeni S. S., Fane A. G., et al. Aspects of microfiltration and reverse osmosis in municipal wastewater reuse. *Desalination*, 1996, 106: 25 ~ 29