

连续过滤用于污水回用试验研究

陈志强, 温沁雪, 吕炳南

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090, E-mail: tiger0521@sina.com)

摘要: 基于对连续过滤最佳运行参数研究的基础上, 采用连续过滤-臭氧后氧化工艺, 研究二级出水对连续过滤系统的影响. 结果表明, 连续过滤工艺对浊度有较好的去除效果, 而对 COD、色度去除率较低, 只有在滤后水后臭氧化处理时, 处理出水的 COD 和色度才有较好去除率.

关键词: 连续过滤; 运行参数; 臭氧

中图分类号: TU991.2

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2004)04-0426-04

Continuous filtration for wastewater reuse

CHEN Zhi-qiang, WEN Qin-xue, LU Bing-nan

(School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, Email: tiger0521@sina.com)

Abstract: In order to study the optimal working parameters of continuous filtration, continuous filtration - ozone was used to study the effect on the effluent of secondary treatment. The results show that there is a better removal efficiency on turbidity while lower on COD and chromaticity. In order to get a better removal efficiency on COD and chromaticity, a process of post-ozonization on filtration effluent must be used.

Key words: continuous filtration; working parameter; ozone

近年来,国外水处理专家研制出经济高效的连续过滤砂滤池,成功地用于给水处理和污水深度处理中,连续过滤技术基于微絮凝过滤理论和独特的连续洗砂技术,在滤池中完成絮凝、过滤过程,通过对含污层的连续清洗,保证滤层的恒定清洁和高截污能力^[1~3].与传统净水工艺相比,连续砂滤系统可以节省占地 30%以上、节省加药量 20%~30%,因而在国外广泛应用.近几年来,对连续式砂滤器机理和运行工况进行了研究,探讨了连续式砂滤器微絮凝过滤机理^[4]和滤池工作参数对连续式砂滤器处理效果的影响^[5,6],在此基础上开发出连续一体化净水设备.本文在连续过滤最佳运行参数的基础上,研究连续过滤系统用于污水回用的情况,为该技术推广使用创造条件.

1 试验工艺及运行工况

1.1 试验工艺流程

试验工艺流程见图 1.

1.2 试验进水水质

哈尔滨制药四厂的生产原料大部分是已经加工的半成品,其生产废水不同于常规污染严重的制药废水,废水水质具有污染物浓度低、生化性较好 $m(\text{BOD}_5):m(\text{COD}_{\text{Cr}}) > 0.4$ 的特点,经水解酸化、好氧接触氧化处理后具有以下特点:1)经二级处理后,城市污水中的可生化性物质基本降解完毕,二级出水的可生化成分很少;2)由于活性污泥较轻,仍然有部分污泥经二沉池排出,这些由菌胶团和老化的生物残片组成的污泥,本身有机物含量高,是胶状亲水物质,且污泥中的菌胶团外有分泌的黏性物质,所以,二级出水中的悬浮物与固体颗粒(砂粒)有很好的吸附力;3)制药废水色度较高,这些带有发色基团的物质一般生物降解性差,造成二级出

收稿日期: 2003-04-07.

基金项目: 黑龙江省重点攻关项目(C99G3-1).

作者简介: 陈志强(1975-),男,副教授,工学博士,博士后.

水的色度较深. 二级出水水质见表 1.

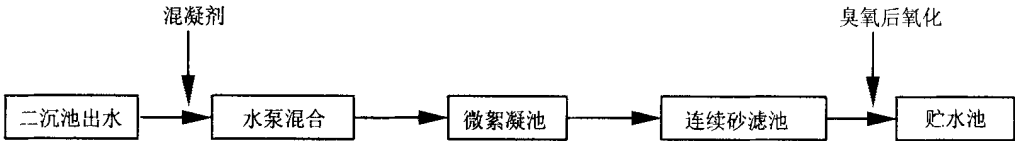


图 1 连续过滤工艺流程图

表 1 二级出水水质

浊度/NTU	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3-\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	色度/度
18~35	43~78	10.5~24.6	2.4~4.5	1.2~2.6	25~63

1.3 连续砂滤器结构图

试验设备示意图见图 2, 直径 300 mm, 总高 2.5 m, 石英砂滤料, 有效粒径 0.7~1.0 mm, 滤层厚度 0.6~0.8 m.

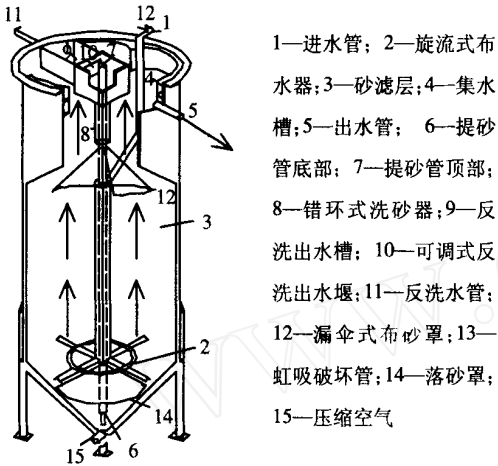


图 2 连续式砂滤器结构示意图

1.4 运行工况

在研究滤池工作参数对连续式砂滤器处理效果的影响时, 以聚合氯化铝为絮凝剂, 提出连续砂滤系统的关键工作参数^[4]: 滤速 < 12 m/h、提砂管内气水比为 9~11、提砂反洗水占总进水的 3%~5%、砂循环速率为 2~4 mm/min、滤前的混合搅拌强度为 5 000~10 000. 研究连续过滤系统处理微污染原水时, 连续砂滤设备具体运行过程如下:

过滤过程: 投加混凝剂后的原水经进水管, 进入旋流式布水器. 原水中的悬浮物在由下而上通过滤层的过程中, 被滤料截留下来, 过滤水上升到集水槽, 经出水管进入贮水池.

自动冲洗过程: 压缩空气通过射流喷嘴射入提砂管. 将砂滤器锥底的脏砂提升到提砂管顶部, 在提砂管内砂水强烈混合, 滤料得到一次清洗, 然后落入洗砂槽, 进入洗砂器进行二次洗砂过程. 在洗砂器中, 在过滤出水水位与冲洗出水水位的水位差的作用下, 一部分过滤后的清洁水将气提冲洗水、洗砂器内的冲洗水及悬浮物顶出洗砂管进入反洗出水槽, 冲洗出水经可调式出水堰及反洗

出水管排出滤池. 清洗干净的滤料经漏伞式落砂罩在重力作用下重新回到滤层.

2 连续过滤技术用于污水回用研究

2.1 连续式砂滤系统对进水浊度的去除率

试验时, 进水浊度变化范围为 18~35 NTU, 在不同的投药量下, 对水中的浊度都有不同程度的去除, 实验结果见图 3. 当投药量在 15 mg/L 以上时, 对浊度的去除率达 85%, 出水有较好的浊度去除率, 出水浊度在 3 NTU 附近, 试验结果见图 4, 出水浊度达到回用水标准, 其中出水浊度与反应时间曲线起伏较大, 原因是砂滤器中的气提提砂呈脉冲式, 在洗砂器中脉冲间隙有部分反洗水从滤后水中流出.

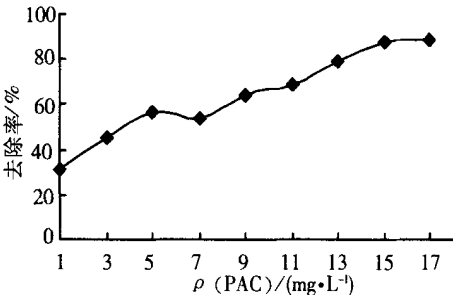


图 3 不同投药量下浊度去除率

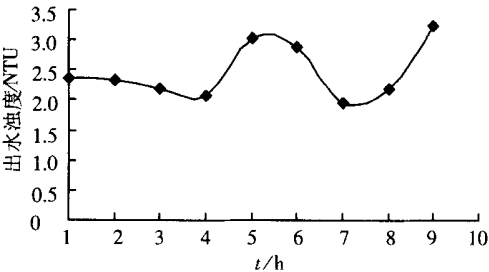


图 4 进出水浊度变化情况 ($\rho(\text{PAC}) = 15 \text{ mg/L}$)

2.2 连续式砂滤系统对色度的去除率

试验研究了不同 PAC 投加量情况下的色度去除率, 试验发现, 仅仅依靠投加无机混凝剂, 依靠静电作用, 对色度的去除率较低, 投药量增加到 15 mg/L 时, 对色度的去除率也仅在 20% 附近, 试验结果见图 5. 为了提高过滤对色度的去除率, 研究了投加有机助滤剂 PAM 对色度的去除效果, 试

验结果见图 6.

试验发现,在投加 15 mg/L PAC 的同时,投加不同剂量的高分子助凝剂有利于色度的去除,当投加 5 mg/L PAM,出水色度的去除率达 40 %,出水色度均在 20 度以下,说明仅仅投加无机絮凝剂对色度的去除率较差,因为二级出水中色度主要污染源是溶解性物质,多带有牢固的苯环,含有亲水和疏水基团,去除这种色度单靠静电作用是不够的,需要投加一定量的有机助凝剂来增加对着色物质的吸附作用.

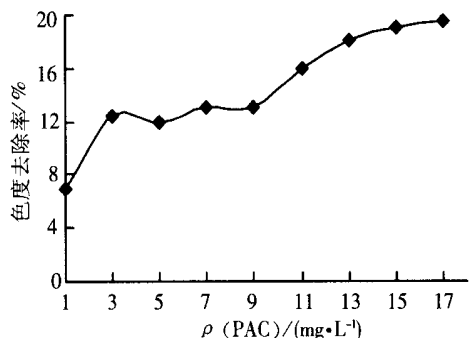


图 5 不同 PAC 投药量下色度去除率

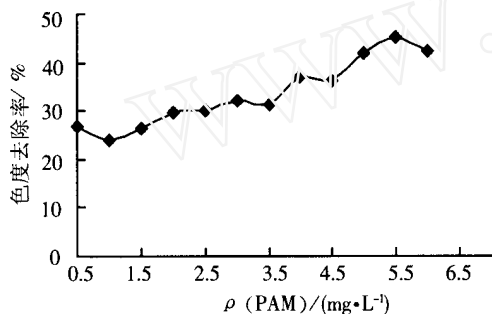


图 6 不同 PAM 投药量下色度去除率

2.3 连续式砂滤系统对 COD 的去除率

不同混凝剂时,砂滤器进出水 COD 变化见图 7. 投加混凝剂降低了形成 COD 的有机物胶粒的电位,使这些有机物胶粒脱稳,形成线状结构的高聚物,脱稳胶粒与高聚物互相吸引形成絮凝体,通过过滤被去除. 从图 7 可以看出,过滤系统对 COD 的去除率较低,即使增加投药量在 25 mg/L,出水 COD 的去除率也仅仅为 25 %左右,因为二级出水中的 COD 大部分是溶解性有机物.

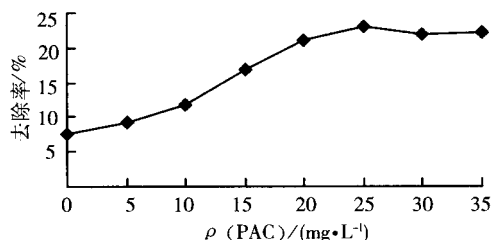


图 7 PAC 投加量对过滤出水 COD 的去除率

2.4 滤后水氧化处理情况

2.4.1 O₃ 投加量对滤后水 COD 去除率的影响

考虑到二级出水经微絮凝过滤后,脱色和 COD 去除效果较差,当原水 COD 质量浓度在 75 ~ 80 mg/L 时,滤后水的 COD 质量浓度都 > 50 mg/L,不能满足回用水水质标准,为此,研究了滤后水投加 O₃ 氧化后 COD 和色度出水的情况. 为使臭氧与水充分反应,试验时的氧化时间均 > 10 min,结果见图 8.

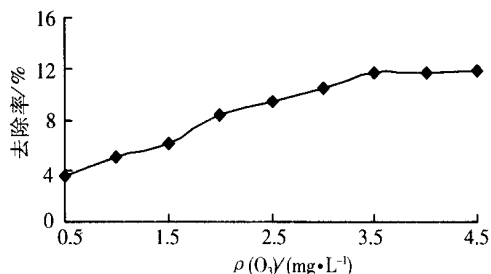


图 8 O₃ 投加量与对滤后出水 COD 去除率的影响

从图 8 可以看出,随着 O₃ 投量的增加,出水 COD 的去除率也随之增加,当 O₃ 投加至 3.5 ~ 4.5 mg/L 时,滤后水 COD 去除率提高 10 % ~ 11 %,最终出水 COD 值已经 < 50 mg/L,满足回用水水质的要求. 继续增加 O₃ 的投加量,出水的 COD 质量浓度降低幅度很小,即使 O₃ 投加量增加到 8 ~ 10 mg/L 时,COD 去除率只缓慢增加,滤后水的 COD 去除率稳定在 12 % ~ 13 %. 当水中 O₃ 增加到 20 ~ 30 mg/L 时,出水 COD 质量浓度反而上升,因为大剂量的 O₃ 可将水中难被 KCrO₇ 氧化的大分子带色物质氧化分解成可以以 COD 形式检测的小分子物质.

2.4.2 O₃ 投加量对滤后水色度去除率的影响

接触时间为 10 min 时,不同 O₃ 投加量对滤后水色度去除率的影响结果见表 2.

表 2 O₃ 投加量对滤后水色度去除率的影响

$\rho(\text{O}_3) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	色度去除率 / %
0.5	5.10
1.0	6.89
1.5	8.26
2.0	10.60
2.5	12.25
3.0	14.36
3.5	17.50
4.0	19.40
4.5	20.51
5.0	20.64

从表 2 可知,氧化剂对滤后水色度的去除是有效的,当臭氧投加量在 4.0 mg/L 以上时,对滤后水色度的去除率可以达到 20 %以上,但随后再增加臭氧质量浓度,滤后水色度去除率增加缓慢.

试验研究了 O_3 投量为 4 mg/L 时,不同时段滤后水、氧化后水的色度,发现氧化后出水的色度稳定在 30 度以下,总色度去除率可达 40 %.

3 结 论

1) 采用连续过滤系统处理污水厂二级处理出水时,可以有效避免常规滤池产生的滤层容易堵塞、反冲洗周期较短的问题,用于污水回用高效简便.

2) 试验采用的连续过滤-臭氧后氧化污水深度处理工艺,对浊度、COD 及色度有较好的去除效率,处理出水可达回用水标准.当投药量在 15 mg/L 时,连续过滤系统对浊度、COD 的去除率分别达 85 %、15 %.在投加 15 mg/L PAC 的同时投加 5 mg/L PAM,出水色度的去除率达到 40 %,出水色度均在 20 度以下.

3) 随着后氧化 O_3 投量的增加,出水 COD 的去除率也随之增加,当 O_3 投加至 3.5 ~ 4.5 mg/L 时,滤后水 COD 去除率提高 10 % ~ 11 %,最终出

水 COD 值 < 50 mg/L,而氧化后出水的色度稳定在 30 度以下,满足回用水水质的要求.

参考文献:

- [1] JONSSON L, FLAIZA E, HULTMAN B. Experiences of nitrogen and phosphorus removal in deep-bed filters in the stockholm area [J]. Wat Sci Tech, 1997, 36(1): 183 - 190.
- [2] LARSSON H F, COLAS E. Le filtre 2 sable continu dynasand [J]. Septembre, 1988, 83: 489 - 490.
- [3] 温沁雪,陈志强,吕炳南,等.喷射式内循环反应器处理模拟啤酒废水试验[J].哈尔滨工业大学学报,2004, 36(2): 195 - 198.
- [4] 陈志强,陈文兵.连续式砂滤器微絮凝过滤机理研究[J].哈尔滨建筑大学学报,2001,34(2): 65 - 69.
- [5] 陈志强.滤池工作参数对连续式砂滤器处理效果的影响[J].哈尔滨工业大学学报,2001,33(6): 777 - 780.
- [6] 陈志强,吕炳南.连续式砂滤器的微絮凝过滤试验[J].中国给水排水,2002,18(1): 45 - 49.

(编辑 刘 彤)

(上接第 425 页)

测序,并获得了纯化的表达产物.今后有关同步脱氮、脱硫工艺研究和应用应重视以下几方面:1) 利用现代生物技术构建活性更高、遗传稳定性更好的同步脱氮、脱氮工程菌株,并寻求工程菌投放反应器的最佳作用条件;2) 开发小型一体化、高效、连续流、运行效果稳定的生物反应器;3) 利用微生物生理生态学原理,探索工艺的人工调控对策,提高工艺操作的可控性和可预见性,以加速同步脱氮、脱硫工艺的工业化步伐.

生物同步脱氮、脱氮技术因条件温和、能耗低、投资少等优势,随着生物技术和化学工程学的不断发展,必将取得更大的进展,脱氮硫杆菌则会因其具有独特的生理生化特性而成为更具潜力的研究对象^[13].

参考文献:

- [1] GADRE R V. Removal of hydrogen sulfide from biogas by chemautotrophic fixed-film bioreactor [J]. Biotechnol Bioeng, 1989, 34: 410 - 414.
- [2] SUBLETTE K L, SYLVESTER N D. Oxidation of hydrogen sulfide by mixed cultures of *Thiobacillus denitrificans* and heterotrophs [J]. Biotechnol Bioeng, 1987, 29: 759 - 761.
- [3] KRUTH J C. Nitrate removal from ground water by sulfur/limestone filtration [J]. Water Supply, 1988, 6: 207 - 217.
- [4] BUCHANAN R E, GIBBENS N E. 伯杰细菌鉴定手册

(第八版) [M]. 北京:科学出版社,1984.

- [5] 王爱杰,任南琪,林 明,等.产酸脱硫反应器中影响硫酸盐还原的关键因素研究[J].哈尔滨工业大学学报,2002,34(4): 445 - 449.
- [6] BUISMANN C J N, GERAATS B G, IJSPREET P, et al. Optimization of sulphur production in a biotechnological sulphide-removing reactor [J]. Biotechnology and Bioengineering, 1990, 35: 50 - 56.
- [7] 左剑恶,袁 琳.利用无色硫细菌氧化废水中硫化物的研究[J].环境科学,1995,16(6): 7 - 10.
- [8] SUBLETTE K L, SYLVESTER N D. Oxidation of hydrogen sulfide by continuous cultures of *thiobacillus denitrificans* [J]. Biotechnology and Bioengineering, 1987, 29: 753 - 758.
- [9] COMMERS P J F. Simultaneous sulfide and acetate oxidation in a denitrifying fluidized bed reactor I start up and reactor performance [J]. Wat Res, 1988, 22: 1075 - 1083.
- [10] 杨秀山.厌氧-缺氧-好氧处理城市废水系统缺氧相中的脱氮硫杆菌[J].中国环境科学,1994,14(6): 429 - 433.
- [11] KOENING A, LIU L H. Autotrophic denitrification of landfill leachate using elemental sulphur [J]. Wat Sci Tech, 1996, 34(5 - 6): 469 - 476.
- [12] 刘玲花.硫/石灰石滤柱去除地下水中硝酸盐的研究[J].环境工程,1995,13(3): 11 - 15.
- [13] 任南琪,王爱杰,李建政,等.硫化物氧化及新工艺[J].哈尔滨工业大学学报,2003,35(3): 265 - 268.

(编辑 刘 彤)