

两级曝气生物滤池处理生活污水的中试研究

邓清远¹, 张金松², 曲志军², 刘礼祥²

(1. 广州大学 土木工程学院 市政工程系, 广东 广州 510006; 2. 深圳市水务(集团)有限公司, 广东 深圳 518031)

[摘要]通过两级曝气生物滤池处理城市生活污水的中试研究, 探讨气水比、水力负荷、回流比及甲醇投加量等工程控制参数对两级曝气生物滤池处理城市生活污水效果的影响, 结果表明, 当气水比为 3 : 1, 水力负荷为 2~3 m³/(m²·h), 回流比为 80 %, 甲醇投加量为 80 mg/L 时, 两级曝气生物滤池处理效果最佳, 其出水可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准。

[关键词]曝气生物滤池; 污水处理; 气水比; 水力负荷; 回流比

[中图分类号]X5

[文献标识码]A

[文章编号]1007-1865(2009)04-0124-04

Municipal Wastewater Treatment by Two-stage Biological Aerated Filter in Pilot-scale

Deng Qinyuan¹, Zhang Jinsong², Qu Zhijun², Liu Lixiang²

(1. Department of Municipal Engineering, College of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006; 2. Shenzhen Water (Group)Co.,Ltd., Shenzhen 518031, China)

Abstract: A research was conducted to obtain the engineering control parameters, such as air/water ratio, hydraulic loading, reflux ratio, methanol dosage, etc, by municipal wastewater treatment with two-stage biological aerated filter in pilot-scale. It was aimed at investigating the effectiveness of the two-stage BAF in treating municipal wastewater. The results of the research showed that the two-stage BAF was most effective under these conditions: air/water ratio of 3 : 1; hydraulic loading of 2~3 m³/(m²·h); reflux ratio of 80 % and methanol dosage of 80 mg/L. The treated water could reach the A-level of the 'discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plants.

Keywords: biological aerated filter(BAF); wastewater treatment; air/water ratio; hydraulic loading; reflux ratio

曝气生物滤池是在生物接触氧化工艺的基础上, 借鉴普通快滤池的思想而产生的一种污水处理新工艺, 该工艺最大特点是将生化反应器与滤池相结合, 无需二沉池^[1], 与传统工艺相比较, 可以节约占地面积。曝气生物滤池对污染物的去除主要通过两种途径: 一是依靠附着在滤料表面上大量的微生物对水

中溶解性有机物进行降解、硝化和反硝化; 二是利用滤池本身所具有的截留过滤功能, 对游离性的污染物通过物理截留加以去除^[2]。目前, 曝气生物滤池有三种主要形式, 即: BIOCARBONE、BIOSTYR 和 BIOFOR, 其中 BIOSTYR 应用最为广泛, 最早的一座采用 BIOSTYR 工艺技术的污水处理厂

[收稿日期] 2009-02-27

[作者简介] 邓清远(1979-), 男, 广东人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为污水处理工艺理论与技术。

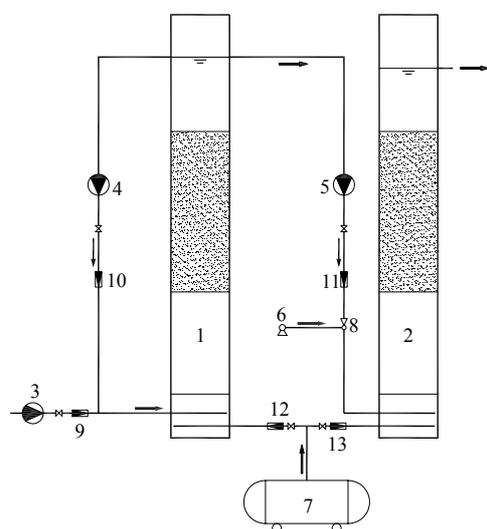
于1990年建造于法国^[3]。

文章借鉴BIOSTYR工艺思想,采用两级上升流淹没式曝气生物滤池,其滤料采用新型轻质悬浮填料,主要成分为聚苯乙烯,密度小于1 g/cm³,在深圳某城市污水处理厂进行工艺优化中试研究。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

试验装置采用两级曝气生物滤柱,装置见图1。第一级为同时硝化反硝化滤柱,高6.5 m,直径0.25 m,滤料高3.5 m,采用微孔曝气,以除碳和硝化为主,兼有反硝化作用;第二级为后置反硝化滤柱,高5.0 m,直径0.18 m,滤料高2.0 m,以反硝化脱氮为主。



1-同时硝化反硝化滤柱; 2-后置反硝化滤柱; 3-进水泵; 4-回流泵;
5-加压泵; 6-碳源投加泵; 7-空压机; 8-加药口; 9-进水流速计; 10-回流
流量计; 11-中间流量计; 12-气体流量计; 13-气体流量计

图1 实验装置

Fig.1 Experimental device

1.2 试验方法

研究以深圳某城市污水处理厂经过一级强化处理后的污水为处理对象,分别研究同时硝化反硝化滤柱:气水比,水力负荷,回流比、滤料高度,和后置反硝化滤柱:甲醇投加量、填料高度等工程控制参数对处理效果的影响,同时研究该工艺对污染物的总体去除效果,并确定其最佳工况。研究水质指标分析按《水和废水监测分析方法》^[3]中规定的标准方法进行。

2 结果与讨论

2.1 同时硝化反硝化

2.1.1 气水比对去除效果的影响

研究气水比对去除效果的影响所采用的工艺参数为:流量为150 L/h,气水比为1~8。各气水比条件下,COD和NH₄⁺-N去除率见图2~3。

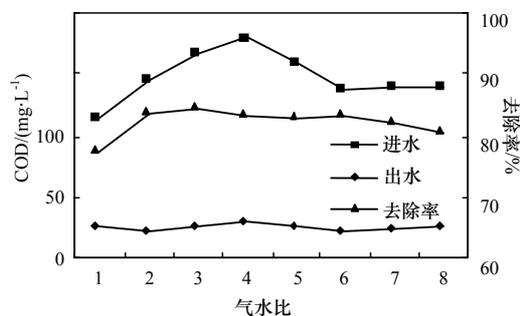


图2 气水比对COD去除率的影响

Fig.2 The effect of gas-water ratio on the removal rate of COD

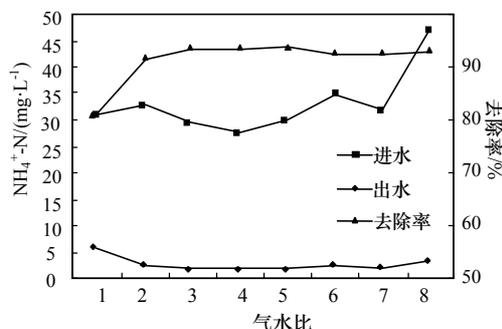


图3 气水比对NH₄⁺-N去除率的影响

Fig.3 The effect of gas-water ratio on the removal rate of NH₄⁺-N

从图2可知,COD的去除率随气水比的提高而逐渐上升,当气水比从1:1增加至3:1,COD的去除率逐渐提高;但气水比从3:1增加至6:1时,COD的去除效果没有明显变化,基本保持稳定;当气水比从6:1增加至8:1时,COD去除率有所降低。这主要是因为随着气水比的增加,水中溶解氧上升,COD去除率也随之上升,当气水比继续增加时,反应体系中溶解氧的浓度受平衡浓度的限制,溶解氧不再增加,因此COD去除率保持稳定,当气水比进一步增加,强湍流反而造成水中溶解氧的解析及填料上生物膜脱落,降低了固定化微生物的浓度,使COD去除率降低,另外,气水比过大,动力消耗增加。因此,气水比不宜过大,本试验确定最佳的气水比为3:1。

从图3中可知,气水比从1:1增加至3:1,NH₄⁺-N明显上升,当气水比为3:1时,出水NH₄⁺-N浓度为2.04 mg/L,去除率达93%;气水比继续增加,NH₄⁺-N去除率基本保持稳定。这主要是因为当气水比较低时,水中溶解氧浓度不足,NH₄⁺-N去除效果不佳,随着气水比增加,水中溶解氧浓度提高,NH₄⁺-N去除效果也逐渐上升,但气水比继续增加,NH₄⁺-N

已基本去除,因此去除效果保持稳定。因此要获得理想经济的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除效果,气水比维持在3左右已足够。

2.1.2 水力负荷对去除效果的影响

研究水力负荷对去除效果的影响所采用的工艺参数为:气水比为3:1,水力负荷为1~5 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。各水力负荷条件下,COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率见图4~5。

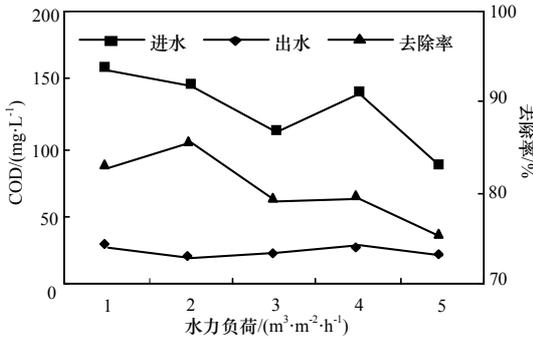


图4 水力负荷对COD去除率的影响

Fig.4 The influence of hydraulic loading on COD removal rate

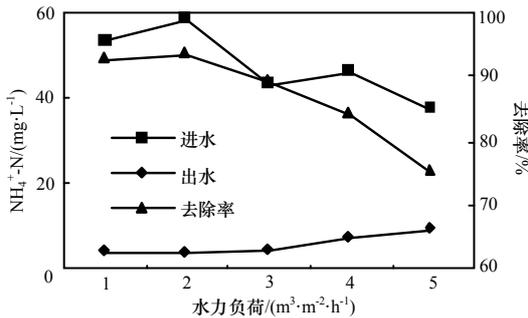


图5 水力负荷对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率的影响

Fig.5 The influence hydraulic loading on $\text{NH}_4^+\text{-N}$ removal rate

从图4~5中可知,COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率随水力负荷从1增加至2,去除效果有所上升,但当水力负荷继续增加,COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率随水力负荷增加而降低。这主要是因为当水力负荷增加,微生物可利用的营养物质相应增加,微生物生长旺盛,反应器中的生物量增加,从而保证了一定的去除率;同时,水力负荷的增加,加大了对滤料表面生物膜的冲刷,有利于膜的更新和污染物的去除,因此水力负荷不能太小,但有机负荷也不能太高,即不能超过滤料上生物膜的分解能力,否则随着水力负荷的增加,COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率下降。因此,水力负荷宜控制在2~3 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间。

2.1.3 回流比对去除效果的影响

研究回流比对去除效果的影响所采用的工艺参数为:气水比为3:1,水力负荷为3 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,回流比为0%~100%,各种回流比条件下TN去除率见图6。

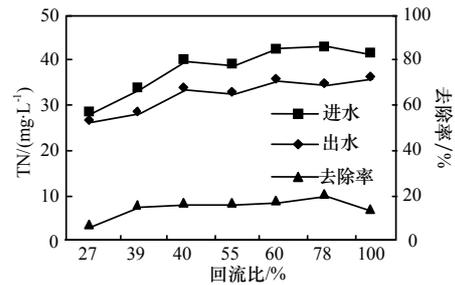


图6 回流比对TN去除率的影响

Fig.6 The influence of reflux ratio on TN removal rate

从图6可知,TN去除率随着回流比的提高而逐渐提高,但提高幅度较小,当回流比为80%时,TN去除率仅为20%,因此,回流比宜控制在80%左右。

2.1.4 滤料高度对去除效果的影响

研究滤料高度对去除效果的影响所采用的工艺参数为:气水比为3:1,水力负荷为3 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,回流比为80%,滤料高度为0~3.5 m。各滤料高度条件下COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率见图7~8。

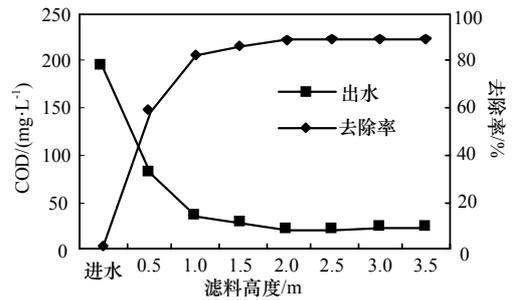


图7 滤料高度对COD去除率的影响

Fig.7 The influence of filter height of COD removal rate

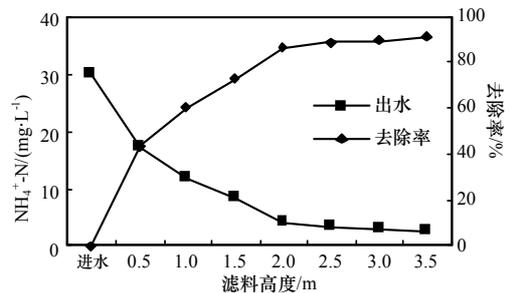


图8 滤料高度对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率的影响

Fig.8 The influence of filter height of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ removal rate

从图7~8可知,COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除与填料高度成正相关,最下层的0.5 m厚滤料对COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除效果最佳,COD去除率可达58%, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率可达43%;滤料高度在0.5~2.0 m间,出水COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度逐渐降低,去除率逐渐上升,但速度变慢,COD去除率为88%, $\text{NH}_4^+\text{-N}$

去除率为 86 %，2.0 m 以上部分滤料，出水 COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度基本稳定，去除率无明显变化。因此 COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除主要在 2.0 m 以下的滤料完成，2.0 m 以上的滤料作用不大，但为安全考虑，建议滤料高度采用 2.5 m。

2.2 后置反硝化滤柱

2.2.1 甲醇投加量对去除效果的影响

甲醇投加量对去除效果的影响所采用的工艺参数为：流量为 100 L/h，甲醇投加量为 10~110 mg/L。各甲醇投加量条件下 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 TN 去除率见图 9~10。

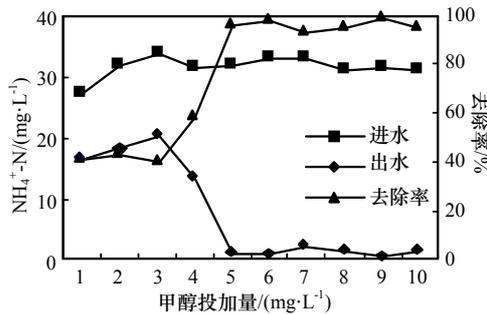


图 9 甲醇投加量对 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率的影响

Fig.9 The influence of methanol dosage on $\text{NO}_3^-\text{-N}$ removal rate

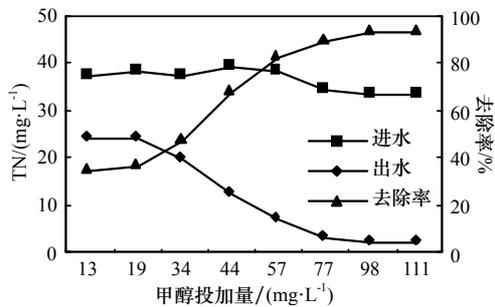


图 10 甲醇投加量对 TN 去除率的影响

Fig.10 The influence of methanol dosage on TN removal rate

从图 9~10 中可知， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 TN 的去除同甲醇投加量成正相关，当甲醇投加量为 50 mg/L 时， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的去除率已能达到 96 % 以上，甲醇投加量继续增加， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率基本保持稳定。当甲醇投加量在 80 mg/L 时，出水 TN 浓度在 4 mg/L 以下，去除率可达 90 % 以上，甲醇投加量从 80 mg/L 增加至 110 mg/L，出水 TN 浓度变化不大，去除率只有略微上升。因此，后置反硝化甲醇的最佳投加量宜为 80 mg/L。

2.2.2 滤料高度对去除效果的影响

研究滤料对去除效果的影响所采用的工艺参数为：流量为 100 L/h，甲醇投加量为 80 mg/L，滤料高度为 0~2.0 m。各滤料高度条件下 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 TN 去除率见图 11~12。

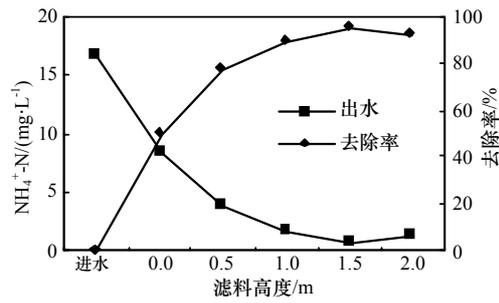


图 11 滤料高度对 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率的影响

Fig.11 The influence of filter height on $\text{NO}_3^-\text{-N}$ removal rate

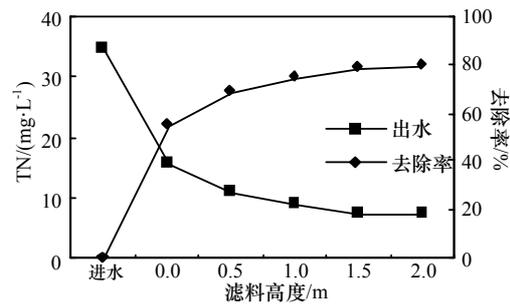


图 12 滤料高度对 TN 去除率的影响

Fig.12 The influence of filter height on TN removal rate

从图 11~12 可知， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 TN 的去除同滤料高度成正相关，最下层的 1.0 m 厚的滤料对 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 TN 的去除效果明显， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率达 90 %，TN 去除率达 74 %；在滤料高度为 1.5 m 处， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率达 95 %，出水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 在 1 mg/L 以下，TN 去除率达 80 %，出水在 8 mg/L 以下，已能达《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准，但为确保污染物排放不超标，建议后置反硝化的滤料高度为 2.0 m。

3.3 整体效果

在最佳工况条件下，气水比为 3，水力负荷为 $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，回流比为 80 %，甲醇投加量为 80 mg/L，滤料高度分别为 2.5 m 和 2.0 m，采用频率为每天一次，COD 和 TN 去除率见图 13~14。

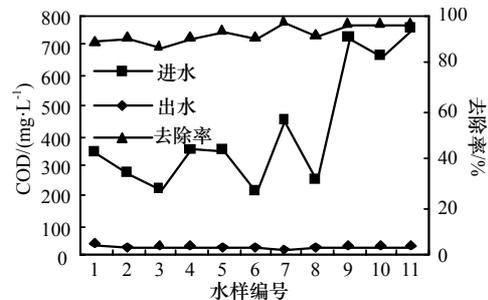


图 13 最佳工况下 COD 去除率

Fig.13 The COD removal rate under the optimum conditions

(下转第 135 页)

effluents by crossflow microfiltration[J]. Journal of Membrane Science, 1994, 87(1-2): 219.

[21]史红文, 陈安国, 夏畅斌. 氢氧化钠-膜过滤法处理含镍电镀废液[J]. 环境污染与防治, 2002, 24(2): 93.

[22] John H M, Scot L, Clayton J R. Cross-flow ultrafiltration of micellar surfactant solutions[J]. Separations, 41(9): 2058-2066.

[23] Wasan D T, Ginn M E, Shah D O. Surfactant Science Series: Vol. 28 Surfactants in chemical/ process engineering[M]. New York: Marcel Dekker, 1998: 152-362.

[24] Akita S, Yang L, Takeuchi H. Micellar-enhanced ultrafiltration of gold(III) with nonionic surfactant[J]. Journal of Membrane Science, 1997, 133: 189-194.

[25] Pramauro E, Prevot A B, Zelano V. Preconcentration and selective metal ion separation using chelating micelles[J]. Talanta, 1994, 41: 1261-1267.

[26] Michaels A S, Perry E S, et ed. Ultrafiltration in Advances in separations and Purifications[M]. New York: John Wiley, 1968.

[27] Spivakov B Y, Geckeler K, Bayer E. Liquid-phase polymer-based retention the separation of metals by ultrafiltration on polychelators[J]. Nature, 1985, 315(23): 313-315.

[28] Geckeler K E, Bayer E, Spivakov B Ya, et al. Liquid-phase polymer-based retention, a new method for separation and preconcentration of elements[J]. Analytica Chimica Acta, 1986, 189: 285-292.

[29] Sasaki K J, Burnett S L, Christian S D, et al. Polyelectrolyte ultrafiltration of multivalent ions removal of copper(2+) by sodium poly(styrenesulfonate)[J]. Langmuir, 1989, 5: 363.

[30] Aliane A, Bounatiro N. Removal of chromium from aqueous solution by complexation-ultrafiltration using a water-soluble macroligand[J]. Water Research, 2001, 35(9): 2320-2326.

[31] Uludag Y, Özbelge H Ö, Yilmaz L. Removal of mercury from aqueous solutions via polymer-enhanced ultrafiltration[J]. Journal of Membrane Science, 1997, 129(1): 93-99.

[32] 陈红盛, 叶裕才, 白庆中, 等. 聚合物辅助陶瓷膜处理重金属废水[J]. 膜科学与技术, 2005, 25(6): 45-50.

[33] 陈桂娥, 阎剑, 刘小珍, 等. PAA 络合一超滤耦合分离镉和铅离子的研究[J]. 稀土, 2007, 28(6): 6-10.

(本文文献格式: 陈建伟. 膜分离技术在重金属废水处理中的应用研究进展[J]. 广东化工, 2009, 36(4): 132-135)

(上接第 127 页)

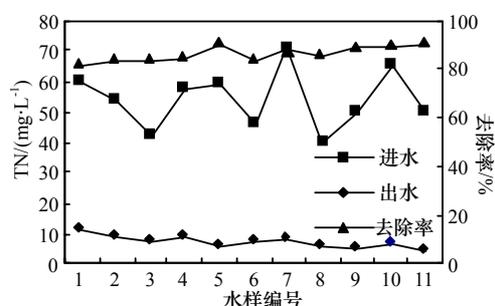


图 14 最佳工况下 TN 去除率

Fig.14 The TN removal rate under the optimum conditions

从图 13~14 可以看出, COD 去除率基本保持在 90 % 以上, 出水 COD 浓度保持在 30 mg/L 以下; TN 去除率保持在 90 % 左右, 出水 TN 浓度保持在 10 mg/L 以下, 均达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准。

4 结论

通过在深圳某污水处理厂为期半年的两级曝气生物滤池中试研究, 研究结果表明, 该工艺在气水比为 3 : 1, 水力负荷为 2~3 m³/(m²·h), 回流比为 80 %, 甲醇投加量为

80 mg/L, 滤料高度分别为 2.5 m 和 2.0 m 的条件下, 具有最佳的去除效果, 污染物的去除率为: COD 为 90 % 以上、TN 为 90 % 左右, 出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准要求, COD 在 30 mg/L 以下, TN 在 10 mg/L 以下。

参考文献

[1] 李炜, 杨云龙, 高富丽. 曝气生物滤池在生活污水处理中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2007, 17(9): 126-127.

[2] 孙滴青, 甘一萍, 魏薇, 等. Biostyr 曝气生物滤池中试研究[J]. 给水排水, 2005, 31(8): 14-18.

[3] 国家环境保护总局, 水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[4] 王国平, 张林军, 黄晓菊, 等. 曝气生物滤池处理生活污水主要参数试验研究[J]. 徐州建筑职业技术学院学报, 2004, 4(3): 24-26.

[5] 郑俊, 吴浩汀. 曝气生物滤池工艺的理论及工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 10-15.

(本文文献格式: 邓清远, 张金松, 曲志军, 等. 两级曝气生物滤池处理生活污水的中试研究[J]. 广东化工, 2009, 36(4): 124-127)