

不同条件下 UBAF 的硝化性能研究

李思敏¹, 刘 强¹, 时真男¹, 王 栋², 唐锋兵¹

(1. 河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038; 2. 邯郸市市政污水处理有限责任公司, 河北 邯郸 056002)

摘 要: 采用以陶粒为填料的上向流曝气生物滤池(UBAF)处理城市污水,考察了水力负荷、有机容积负荷和氨氮容积负荷对 UBAF 硝化性能的影响。结果表明:随着水力负荷的提高,UBAF 的硝化性能加速下降,当水力负荷由 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 增至 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仅下降了 4.87%,当继续增至 $2.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 9.80%;当有机容积负荷从 $0.86 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 增至 $2.56 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仅下降了 4.15%,当继续增至 $3.92 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 8.77%,虽降幅增大但仍能实现对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率 > 75%;当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷从 $0.24 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 增至 $0.41 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仅下降了 3.59%,当继续增至 $0.51 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 6.82% (UBAF 的硝化性能加速下降)。

关键词: 上向流曝气生物滤池(UBAF); 硝化性能; 水力负荷; 有机容积负荷; 氨氮容积负荷

中图分类号: X703 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2009)11-0055-04

Nitrification Performance of UBAF under Different Conditions

LI Si-min¹, LIU Qiang¹, SHI Zhen-nan¹, WANG Dong², TANG Feng-bing¹

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;

2. Handan Municipal Wastewater Treatment Corporation, Handan 056002, China)

Abstract: The up-flow biological aerated filter (UBAF) filled with ceramics media was applied in urban sewage treatment, and the influences of hydraulic loading, organic volumetric loading and ammonia nitrogen volumetric loading on the nitrification performance of the UBAF were investigated. The results show that the nitrification performance of UBAF quickly decreases with the increase of hydraulic loading. When the hydraulic loading increases from $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ to $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, the average removal rate of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ by the UBAF only drops by 4.87%, and when the hydraulic loading increases to $2.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, the average removal rate of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ drops by 9.80%. When the organic volumetric loading increases from $0.86 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ to $2.56 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, the average removal rate of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ by the UBAF only declines by 4.15%, and when the organic volumetric loading increases to $3.92 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, the average removal rate of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ drops by 8.77%, however, the average removal rate of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ can be still above 75%. When the $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ volumetric loading increases from

0.24 kgNH₄⁺ - N/(m³ · d) to 0.41 kgNH₄⁺ - N/(m³ · d), the average removal rate of NH₄⁺ - N by the UBAF only drops by 3.59%, and when the NH₄⁺ - N volumetric loading increases to 0.51 kgNH₄⁺ - N/(m³ · d), the average removal rate of NH₄⁺ - N decreases by 6.82%, and the declining trend of UBAF nitrification performance is accelerated.

Key words: up-flow biological aerated filter (UBAF); nitrification performance; hydraulic loading; organic volumetric loading; ammonia nitrogen volumetric loading

曝气生物滤池工艺凭借其高效、低耗、建设和运行费用低、占地少及能封闭运行等优势,在污(废)水处理及资源化中得到越来越广泛的应用,产生了巨大的社会效益、经济效益和环境效益^[1-3]。其中,上向流曝气生物滤池(UBAF)采用气、水同向流动,延长了接触反应时间,提高了氧的利用率,具有出水水质好、处理效率高等优点。

笔者采用以陶粒为填料的 UBAF 处理城市污水,在其他条件一定的情况下,研究了水力负荷、有机容积负荷和氨氮容积负荷对 UBAF 硝化性能的影响,以加深读者对 UBAF 在硝化脱氮方面的认识。

1 试验材料和方法

1.1 填料

UBAF 采用页岩陶粒填料,其性能参数见表 1。

表 1 陶粒填料的性能参数

Tab. 1 Properties of ceramics media

项目	粒径/mm	密度/(g · cm ⁻³)	孔隙率/%	比表面积/(m ² · m ⁻³)	SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	Fe ₂ O ₃ /%
范围	3 ~ 5	1.52	55 ~ 78	3 980	62 ~ 68	18 ~ 22	6 ~ 9

1.2 试验装置

2 座 UBAF 的结构相同,均由有机玻璃制成,其中 1 号 UBAF 如图 1 所示。

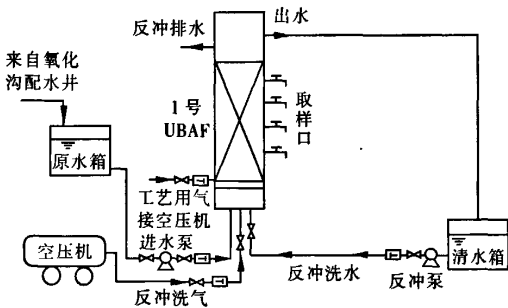


图 1 试验装置

Fig. 1 Schematic diagram of UBAF

滤柱的高度为 2 000 mm,直径为 200 mm,承托层高为 250 mm,填料层高为 1 250 mm,滤料层以上

的保护高度为 500 mm。在滤柱底部 250 mm 处设有穿孔曝气管,为微生物的生长提供氧气。底部设有反冲洗供气管、放空管、穿孔配水管。试验采用 1 号 UBAF 和 2 号 UBAF 串联运行的方式。

1.3 原水水质和分析方法

原水取自某污水厂氧化沟进水端的配水井,试验期间其水质如表 2 所示。各水质指标均按照《水和废水监测分析方法》(第 4 版)中规定的标准方法进行测定。

表 2 原水水质

Tab. 2 Quality of raw wastewater

项目	水温/℃	pH	COD/(mg · L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ - N/(mg · L ⁻¹)	TN/(mg · L ⁻¹)	TP/(mg · L ⁻¹)
范围	18.5 ~ 29.5	7.2 ~ 7.9	114 ~ 475	28.2 ~ 57.1	55.2 ~ 85.3	3.1 ~ 7.5
均值	24.5	7.6	282	41.3	65.3	5.3

2 结果与讨论

2.1 水力负荷对 UBAF 硝化性能的影响

当有机容积负荷为 1.86 ~ 2.31 kgCOD/(m³ · d)、氨氮容积负荷为 0.26 ~ 0.31 kgNH₄⁺ - N/(m³ · d)、气水比为 3 : 1 且系统稳定运行时,不同水力负荷对 UBAF 硝化性能的影响如图 2 所示。

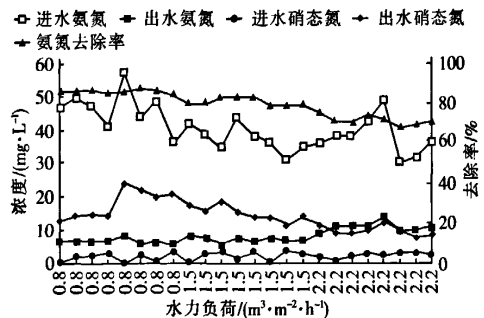


图 2 水力负荷对 UBAF 硝化性能的影响

Fig. 2 Influence of different hydraulic loading on UBAF's nitrification performance

由图 2 可知,水力负荷为 0.8 m³/(m² · h) 时, UBAF 对 NH₄⁺ - N 的去除率为 84.13% ~ 87.49%,

平均去除率为 85.88%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 6.50、17.70 mg/L;水力负荷为 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 78.82% ~ 83.46%,平均去除率为 81.01%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 7.07、14.94 mg/L;水力负荷为 $2.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 67.68% ~ 75.31%,平均去除率为 71.21%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 10.80、9.65 mg/L。

由图 2 还可知,当水力负荷由 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 增至 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仅下降了 4.87%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均浓度升高了 0.57 mg/L 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度下降了 2.76 mg/L ;当水力负荷继续增至 $2.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 9.80%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均浓度升高了 3.73 mg/L 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度下降了 5.29 mg/L 。可见,随着水力负荷的提高,UBAF 的硝化性能逐渐下降,且降幅越来越大。这是因为随着水力负荷的提高,系统的有机容积负荷和进水氨氮容积负荷越来越大,对 UBAF 的硝化能力产生了一定的抑制;同时,水力负荷的提高还缩短了污染物与陶粒表面生物膜中硝化菌的接触反应时间,使硝化作用不完全,导致出水的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度升高,UBAF 的硝化性能下降。

2.2 有机容积负荷对 UBAF 硝化性能的影响

当氨氮容积负荷为 $0.32 \sim 0.41 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、水力负荷为 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、气水比为 3:1 且系统稳定运行时,有机容积负荷对 UBAF 硝化性能的影响如图 3 所示。

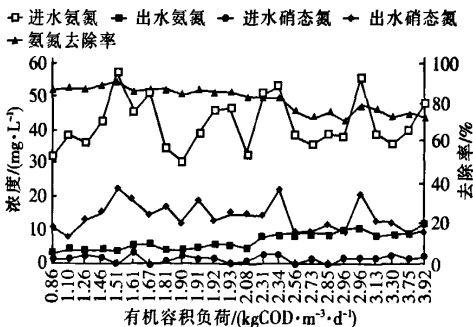


图 3 有机容积负荷对 UBAF 硝化性能的影响

Fig. 3 Influence of different organic volumetric loading on UBAF's nitrification performance

由图 3 可知,当有机容积负荷为 $0.86 \sim 1.81 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 86.26% ~ 91.42%,平均去除率为 88.18%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 4.97、15.64 mg/L;当有机容积负荷为 $1.90 \sim 2.56 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 76.65% ~ 86.71%,平均去除率为 84.03%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 6.79、15.52 mg/L;当有机容积负荷为 $2.73 \sim 3.92 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 72.08% ~ 79.85%,平均去除率为 75.26%,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 10.23、12.64 mg/L。由此可见,随系统有机容积负荷的增加,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率逐渐下降,出水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度也有所降低,UBAF 硝化性能下降。

由图 3 还可知,当有机容积负荷从 $0.86 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 增至 $2.56 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仅下降了 4.15%,降幅并不大;当有机容积负荷继续增至 $3.92 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率下降了 8.77%,降幅明显变大,即 UBAF 硝化性能的下降幅度随有机容积负荷的增加而增大。这是因为有机容积负荷升高时,异养菌降解有机物的区间会沿填料高度方向上移,异养菌的生存空间亦随之向上拓展,减小了硝化菌的活动空间,且异养菌的比生长速率要远大于硝化菌的,其会优先利用水中的氧,在有机底物较为丰富的条件下大量繁殖,从而限制了硝化菌的增殖。有机容积负荷越高,异养菌对硝化菌的抑制就越强烈,故使 UBAF 的硝化性能大幅度下降。

尽管如此,UBAF 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仍能达到 75% 以上,这说明 UBAF 系统具有较强的抗有机负荷冲击的能力。究其原因,一方面是因为陶粒填料具有较大的比表面积,为微生物的附着生长提供了有利的条件,且能在陶粒填料表面形成较为稳定的、有利于保证硝化菌生长的低 C/N 值的微环境和使微生态系统保持动态平衡,所以在较高的有机容积负荷下也能取得较好的硝化效果;另一方面,UBAF 反应器中的水力流态在反应器的某一横截面上属于完全混合型,而在纵断面上属于推流型,有机物沿水流方向被异养菌逐渐降解,而有机底物浓度的降低又反过来限制了异养菌的繁殖,硝化菌在对

氧气和生存空间的竞争中逐渐取得优势,成为优势种属。同时,镜检也发现在UBAF反应器中微生物种群沿填料高度呈明显的分层分布。

2.3 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷对UBAF硝化性能的影响

当有机容积负荷为 $1.86 \sim 2.56 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 、水力负荷为 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、气水比为 $3:1$ 且系统稳定运行时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷对UBAF硝化性能的影响如图4所示。

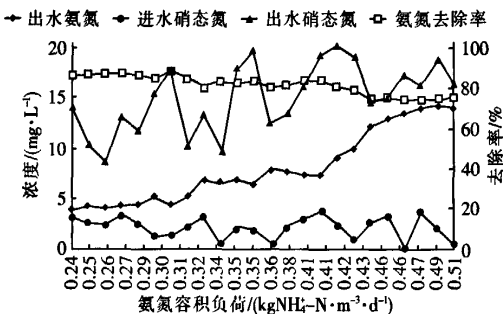


图4 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷对UBAF硝化性能的影响

Fig.4 Influence of different $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ volumetric loading on UBAF's nitrification performance

由图4可知,当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷为 $0.24 \sim 0.32 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 $84.28\% \sim 88.05\%$,平均去除率为 86.11% ,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 4.43 、 12.64 mg/L ;当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷为 $0.32 \sim 0.41 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 $80.32\% \sim 84.10\%$,平均去除率为 82.52% ,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 7.07 、 15.16 mg/L ;当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷为 $0.41 \sim 0.51 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 $73.45\% \sim 80.24\%$,平均去除率为 75.70% ,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的平均浓度分别为 12.52 、 17.18 mg/L 。由此可见,UBAF的硝化性能随进水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷的增加而降低。

由图4还可知,当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷从 $0.24 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 增至 $0.41 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率下降了 3.59% ,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均浓度上升了 2.64 mg/L ,UBAF硝化性能的下跌幅度较小;当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷继续增至 $0.51 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 6.82% ,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均

浓度上升了 5.45 mg/L ,UBAF硝化性能的下跌幅度明显变大,即UBAF硝化性能的下跌幅度随氨氮容积负荷的增加而增大。这是因为,硝化菌属于化能自养菌,其比增长速率小、世代周期长,对环境条件的变化较为敏感。当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷较高时,高 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度会抑制硝化菌的生长,影响UBAF的硝化性能。

3 结论

① 当水力负荷由 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 增至 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率仅下降了 4.87% ;当继续增至 $2.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 9.80% 。即随着水力负荷的提高,UBAF的硝化性能下降,且水力负荷越大则硝化性能下降的幅度越大。

② 当有机容积负荷从 $0.86 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 增至 $2.56 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率下降了 4.15% ;当继续增至 $3.92 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 8.77% ,降幅增大,但仍能保证对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率 $>75\%$ 。

③ 当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷从 $0.24 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 增至 $0.41 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,UBAF对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率下降了 3.59% ;当继续增至 $0.51 \text{ kgNH}_4^+ - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率又下降了 6.82% 。即随 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容积负荷的增加,UBAF的硝化性能加速下降。

④ UBAF耐冲击负荷能力较强且硝化性能良好,即使在较高负荷下也能保持良好的硝化性能。

参考文献:

- [1] 张文艺,夏绍凤,翟建平,等.曝气生物滤池反应器的沿程生化特性研究[J].中国给水排水,2006,22(15):71-74.
- [2] Westerman P W, Bicudo J R, Kanfardjief A. Upflow biological aerated filters for the treatment of flushed swine manure[J]. Bioresour Technol, 2000, 74(3):181-190.
- [3] 李永泽,成炜.水解酸化/前置反硝化上向流生物滤池工艺处理城镇污水[J].中国给水排水,2006,22(12):63-66.

电话:13832018123

E-mail: chlyeli@126.com

收稿日期:2009-01-12

不同条件下UBAF的硝化性能研究

作者: [李思敏](#), [刘强](#), [时真男](#), [王栋](#), [唐锋兵](#), [LI Si-min](#), [LIU Qiang](#), [SHI Zhen-nan](#),
[WANG Dong](#), [TANG Feng-bing](#)
作者单位: [李思敏, 刘强, 时真男, 唐锋兵, LI Si-min, LIU Qiang, SHI Zhen-nan, TANG Feng-bing \(河北工程大学, 城市建设学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#), [王栋, WANG Dong \(邯郸市市政污水处理有限责任公司, 河北, 邯郸, 056002\)](#)
刊名: [中国给水排水](#) 
英文刊名: [CHINA WATER & WASTEWATER](#)
年, 卷(期): 2009, 25(11)
引用次数: 0次

参考文献(3条)

1. [张文艺](#), [夏绍凤](#), [翟建平](#), [李琴](#) 曝气生物滤池反应器的沿程生化特性研究[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2006(15)
2. [Westerman P W](#), [Bicudo J R](#), [Kanfardjieff A](#) Upflow biological aerated filters for the treatment of flushed swine manure 2000(3)
3. [李永泽](#), [成炜](#) 水解酸化/前置反硝化上向流生物滤池工艺处理城镇污水[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2006(12)

相似文献(0条)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgjsps200911016.aspx

下载时间: 2009年12月25日