

碳源对榨菜废水与城镇污水协同处理效果的影响

司马卫平^{1,2}, 何强¹, 丁文静¹

(1. 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2. 四川理工学院 建筑工程学院, 四川 自贡 643000)

摘要: 针对 CASS 工艺协同处理高盐、高氮磷榨菜废水和城镇污水过程中碳源不足的问题, 分析了 CASS 工艺在运行周期为 8 h、排水比为 30%、回流比为 100%、经预处理的榨菜废水掺入比为 20% 的条件下, 分别投加污泥消化液、榨菜废水和甲醇三种碳源对协同处理效果的影响。当污泥消化液、榨菜废水和甲醇的投加量分别为 15%、3% 和 0.015% 时, 出水 COD、氨氮和总氮浓度均满足 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准; 以聚合硅酸铁为除磷剂, 当进水 TP 约为 8.5 mg/L、除磷剂投量为 18 mg/L 时, 对 TP 的去除率达 90% 以上, 且出水浓度小于 1.0 mg/L; 硝化菌和反硝化菌对盐度变化的适应周期不同, 当系统盐度为 $(0.5 \pm 0.03)\%$ 、等幅度升高和降低 $(0.1 \pm 0.02)\%$ 时, 硝化菌的适应周期分别为 7 d 和 10 d, 而反硝化菌的适应周期分别为 10 d 和 15 d。

关键词: 碳源; 榨菜废水; 城镇污水; 协同处理; CASS 工艺

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1000-4602(2012)13-0025-04

Effects of Different Carbon Sources on Co-treatment of Pickle Wastewater and Municipal Sewage

SIMA Wei-ping^{1,2}, HE Qiang¹, DING Wen-jing¹

(1. Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment <Ministry of Education>, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. Institute of Architecture and Engineering, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: To address the deficiency of carbon source during co-treatment of pickle wastewater with high salinity and nitrogen content and municipal sewage by the CASS process, the effects of co-treatment were analyzed by dosing three kinds of carbon sources, including sludge digestion liquid, pickle wastewater before treatment and methanol. For CASS operation, the operation time was 8 h, the drainage ratio was 30%, the recycle ratio was 100%, and the ratio of adding pretreated pickle wastewater was 20%. When the dosages of sludge digestion liquid, pickle wastewater before treatment and methanol were 15%, 3% and 0.015%, respectively, the effluent concentrations of COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and TN could meet the first level B criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). Using polymeric ferric silicate as phosphorus removal agent, the removal rate of TP was above 90% and the effluent concentration was less than 1.0 mg/L when the influent concentration of TP was about 8.5 mg/L, and the dosage of phosphorus removal agent was 18 mg/L. The times to adapt to variations of salinity were different for nitrifying bacteria and denitrifying bacteria. When

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07315-004)

the system salinity deviated from the initial (0.5 ± 0.03) % by (0.1 ± 0.02) % up and down, the adaptation periods for nitrifying bacteria were 7 d and 10 d, while for denitrifying bacteria were 10 d and 15 d, respectively.

Key words: carbon source; pickle wastewater; municipal sewage; co-treatment; CASS process

榨菜废水具有高盐、高氮磷、高有机物的特点,预处理后的榨菜废水经市政排水管道进入城镇污水厂并与城镇污水协同处理时,其水质具有高氮低碳等特点,C/N值一般小于2。因此,进水碳源的不足严重影响了脱氮除磷效果。

传统脱氮理论认为实现完全反硝化的C/N值为2.86,但由于微生物的生长而实际所需值通常在4以上,在实际污水处理中,当C/N值 <5 时脱氮效率通常不会太高^[1,2]。Kuba等^[3]提出当进水C/N值 <3.4 时,需投加外碳源来保证生物脱氮效果。目前,外加碳源主要有两大类:一是以葡萄糖、甲醇、乙醇、乙酸等液态有机物为主的传统碳源;二是以低廉的固体有机物为主,包括含纤维素类物质的天然植物及可生物降解聚合物等在内的新型碳源^[4]。Kim等^[5]在流化床反应器中以蔗糖为碳源研究碳氮比值对反硝化的影响,当碳氮比值在5~8之间时,反硝化率可达71%~99%。

笔者针对协同处理碳源不足的问题,根据榨菜废水高C/N值(一般大于20)的特点以及从碳源选择的经济性和就地取材等思路出发,利用榨菜废水、剩余污泥碱解上清液和甲醇作为协同处理的外加碳源,研究三种不同碳源对榨菜废水与城镇污水协同处理效果的影响,旨在为协同处理榨菜废水与城镇

污水时的碳源选择提供科学指导。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

试验装置如图1所示。

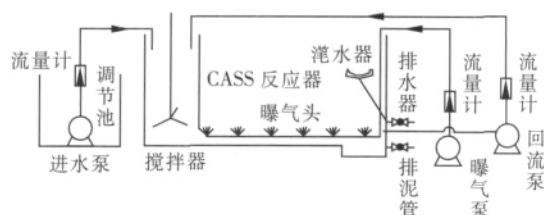


图1 CASS工艺流程

Fig.1 Flow chart of CASS process

CASS反应器尺寸为 $L \times B \times H = 2.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$,有效容积为 1 m^3 ,生物选择区和主反应区的有效容积之比为1:5。生物选择区采用水下搅拌机对进水和主反应区的回流硝化液进行充分混合,主反应区采用曝气泵经微孔隔膜曝气盘供氧,硝化液由回流泵回流至生物选择区,在连接生物选择区和主反应区的隔板底部开导流孔。

1.2 用水水质和试验方案

试验用水主要包括城镇污水、榨菜废水、预处理后的榨菜废水和污水厂剩余污泥碱解上清液(污泥消化液)四部分,其水质见表1。

表1 试验用水水质

Tab.1 Different wastewater qualities used for experiment

项 目		COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	盐度/%
城镇污水	范围	128 ~ 174	23.2 ~ 30.4	15.3 ~ 21.8	2.3 ~ 4.8	
	均值	154	28.4	17.1	3.1	
预处理后的 榨菜废水	范围	246 ~ 446	202.8 ~ 240.4	122.6 ~ 161.5	26.6 ~ 31.5	2.05 ~ 3.06
	均值	410	215.6	135.6	28.6	2.48
榨菜废水	范围	5 080 ~ 7 250	252.6 ~ 291.3	204.6 ~ 244.8	29.4 ~ 36.8	2.24 ~ 3.18
	均值	5 750	265.3	212.5	33.5	2.52
污泥消化液	范围	568 ~ 652	56.6 ~ 67.8	52.6 ~ 61.8	5.8 ~ 8.7	
	均值	604	60.3	56.5	7.6	

预处理后的榨菜废水和城镇污水按一定比例混合后,导致CASS系统进水的C/N值较低而使协同处理效果变差。为了提高协同处理的效率和改善出

水水质,在运行周期为8 h,预处理后的榨菜废水掺入比为20%,排水比为30%,回流比为100%的工况下,研究投加榨菜废水、污泥消化液和甲醇三种碳

源对协同处理效果的影响。投加碳源后控制 CASS 系统的进水 C/N 值为 4~5,并根据试验用水水质确定各种碳源的投加量。其中,榨菜废水的投加量为 3%,甲醇投加量为 0.015%,污泥消化液投加量为 15%。

1.3 分析项目及方法

COD: 重铬酸钾法,氨氮: 纳氏试剂分光光度法,总氮: 碱性过硫酸钾氧化法,MLSS: 滤纸称量法,盐度: sension156 盐度测定仪。

2 结果与讨论

2.1 对 COD 的去除效果

投加污泥消化液、榨菜废水和甲醇三种碳源后,CASS 系统内盐度分别为 $(0.5 \pm 0.03)\%$ 、 $(0.6 \pm 0.05)\%$ 、 $(0.5 \pm 0.03)\%$ 。稳定运行时平均进水 COD 分别为 322、393 和 310 mg/L,出水值可达 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准,平均去除率分别为 89.3%、90.6% 和 91.2%。CASS 反应器采用城镇污水处理厂协同处理榨菜废水和城镇污水的剩余污泥进行接种,启动阶段以污泥消化液为补充碳源,运行 20 d 后对 COD 的去除率达 70%,系统启动成功。当换以榨菜废水为碳源时,系统内盐度升高 $(0.1 \pm 0.02)\%$,对 COD 的去除率由 88.4% 降低至 80.1%,出现不达标现象,7 d 后系统恢复正常。当换以甲醇为碳源时,系统内盐度降低 $(0.1 \pm 0.02)\%$,对 COD 的去除率由 92.1% 降至 73.2%,出水水质不达标,10 d 后系统运行正常。分析认为,投加碳源的变化改变了 CASS 系统的盐度,盐度的升高使微生物细胞盐析和溶胞,而盐度的降低使微生物发生钝化,从而导致微生物活性降低,随着微生物对盐度的逐步适应其活性逐渐得到恢复。

2.2 对氨氮的去除效果

图 2 为投加污泥消化液、榨菜废水和甲醇三种碳源情况下对氨氮的去除效果。在投加三种碳源条件下,CASS 反应器稳定运行时的进水氨氮平均浓度分别为 43.2、48.5 和 39.2 mg/L,出水水质满足 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准,平均去除率分别为 80.6%、82.4% 和 85.6%。以污泥消化液为碳源时系统对氨氮的去除率逐步升高,启动 20 d 后出水氨氮浓度达标且去除率在 80% 以上。由图 2 可知,改变碳源会导致系统短期内处理效果变差。当换以榨菜废水为碳源时,去除率由 80.6% 降至 62.6%,且出水值不达标。这是因为盐度的升高破坏了硝化

菌的生存环境从而减弱了硝化菌的代谢活动,随着硝化菌对盐度的逐步适应其硝化功能得到恢复,7 d 后系统运行稳定。当换以甲醇为碳源时,对氨氮的去除率由 82.4% 降至 52.8%,且出水值不达标,10 d 后系统运行正常。盐度的降低使硝化菌钝化导致其硝化功能减弱,且盐度的降低对硝化菌活性的抑制作用要强于盐度升高的。当盐度等幅度降低或升高 $(0.1 \pm 0.02)\%$ 时,硝化菌的活性恢复所需时间不同,盐度升高时为 7 d,盐度降低时为 10 d。

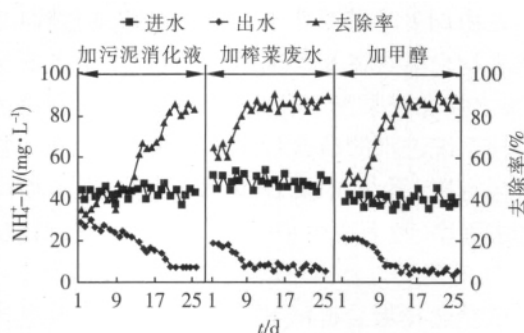


图 2 不同碳源条件下对氨氮的去除效果

Fig. 2 Removal efficiencies of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ by different carbon sources

2.3 对总氮的去除效果

图 3 为投加污泥消化液、榨菜废水和甲醇三种碳源情况下对总氮的去除效果。

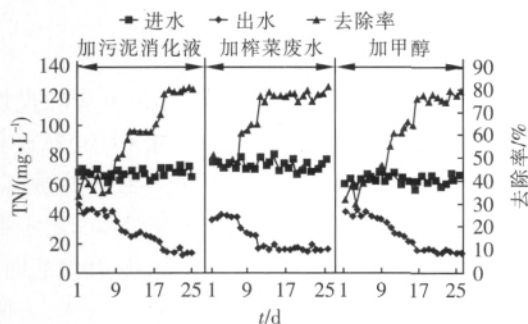


图 3 不同碳源条件下对总氮的去除效果

Fig. 3 Removal efficiencies of TN by different carbon sources

在投加三种碳源的条件下,CASS 系统稳定运行时的进水总氮平均浓度分别为 68.5、74.5 和 63.2 mg/L,出水值满足 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准,平均去除率分别为 78.8%、77.2% 和 76.7%。在以污泥消化液为碳源的启动阶段,系统运行 20 d 后出水总氮浓度达标且去除率在 74.5% 以上。

由图 3 可以看出,在投加不同碳源的初期系统的脱氮效果变差,分析其原因主要是盐度的变化对反硝化菌的活性产生了抑制。当换以榨菜废水为碳

源时,对总氮的去除率由 77.8% 降至 50.9%,且出水值不达标;当换以甲醇为碳源时,去除率由 77.2% 降至 39.3%,且出水值不达标。同时,盐度的降低对反硝化菌活性的抑制要强于盐度升高的,当盐度等幅度降低或升高 (0.1 ± 0.02) % 时,反硝化菌恢复活性所需的时间分别为 15、10 d。对比硝化菌和反硝化菌受盐度的影响可知,反硝化菌活性恢复所需时间比硝化菌长。

2.4 对TP的去除效果

在协同处理榨菜废水与城镇污水的过程中,进水的平均含磷量在 8.5 mg/L 左右。由于碳源的不足,加之投加榨菜废水和污泥消化液补充碳源的同时也使系统进水的磷含量进一步提高,因此生物除磷效果有限,系统出水 TP 浓度较高。为了提高对磷的去除率,考虑在生物除磷的基础上辅以化学除磷。

试验选择聚合硅酸铁作混凝剂,并将其直接投加到 CASS 反应器中(在好氧结束前 30 min 投加),考察了混凝剂投量对出水 TP 浓度的影响。结果表明,聚合硅酸铁投量与出水 TP 浓度之间具有较好的相关性($y = 11.28e^{-0.13x}$, $R^2 = 0.992$),且当聚合硅酸铁的投量为 18 mg/L 时,对 TP 的去除率可达 90% 以上,出水 TP < 1.0 mg/L,满足 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准。

3 结论

① 当榨菜废水、污泥消化液和甲醇的投加量分别为 3%、15% 和 0.015% 时,出水 COD、氨氮和总氮浓度均满足 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准。投加不同碳源后,系统稳定运行时对 COD、氨氮和总氮的去除效果均较好。当投加污泥消化液时,平均进水浓度分别为 322、43.2 和 68.5 mg/L,去除率分别为 89.3%、80.6% 和 78.8%;当投加榨菜废水时,平均进水浓度分别为 393、48.5 和 74.5 mg/L,去除率分别为 90.6%、82.4% 和 77.2%;当投加甲醇时,平均进水浓度分别为 310、39.2 和 63.2 mg/L,去除率分别为 91.2%、85.6% 和 76.7%。

② 以聚合硅酸铁作混凝剂进行辅助除磷,当进水 TP 约为 8.5 mg/L、聚合硅酸铁的投量为 18 mg/L 时,对 TP 的去除率可达 90% 以上,出水浓度小于 1.0 mg/L,满足 GB 18918—2002 的一级 B 排放标准。

③ 硝化菌和反硝化菌对盐度变化的适应周期不同,当系统盐度为 (0.5 ± 0.03) %,等幅度升高和降低 (0.1 ± 0.02) % 时,硝化菌的适应周期分别为 7 和 10 d,而反硝化菌的适应周期分别为 10 和 15 d。

④ 综合考虑处理效果和投加碳源的成本,以污泥消化液和榨菜废水作为协同处理的外加碳源是较佳的选择。

参考文献:

- [1] Henze M. Capabilities of biological nitrogen removal processes from wastewater [J]. Water Sci Technol, 1991, 23(4/6): 669–679.
- [2] 吴昌永,彭永臻,彭轶,等. A^2O 工艺处理低 C/N 比生活污水的试验研究 [J]. 化工学报, 2008, 59(12): 3126–3131.
- [3] Kuba T, van Loosdrecht M C M, Heijnen J J. Phosphorus and nitrogen removal with minimal COD requirement by integration of denitrifying dephosphatation and nitrification in a two-sludge system [J]. Water Res, 1996, 30(7): 1702–1710.
- [4] Kujawa K, Klapwijk B. A method to estimate denitrification potential for predenitrification systems using NUR batch test [J]. Water Res, 1999, 33(10): 2291–2300.
- [5] Kim D, Miyahara T, Noike T. Effect of C/N ratio on the bioregeneration of biological activated carbon [J]. Water Sci Technol, 1997, 36(12): 239–249.

作者简介: 司马卫平(1977—), 男, 江西泰和人, 博士, 讲师, 从事水污染治理与控制技术研究。

E-mail: smwp0814@126.com

收稿日期: 2012-03-27