



移动扫码阅读

张云英,解鹏雁,彭国敏,等.煤矿生活污水同步硝化反硝化试验研究[J].能源环境保护,2020,34(5):18-22.
ZHANG Yunying, XIE Pengyan, PENG Guomin, et al. Experimental study on the simultaneous nitrification and denitrification of coal mine domestic sewage[J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(5): 18-22.

煤矿生活污水同步硝化反硝化试验研究

张云英¹,解鹏雁¹,彭国敏³,陈伟¹,金丽丽²,郑彭生²

(1.山西潞安环保能源开发股份有限公司王庄煤矿,山西长治 046031;2.煤科集团杭州环保研究院有限公司,浙江杭州 311201;3.山东省济宁生态环境监测中心,山东济宁 272100)

摘要:为提高煤矿生活污水脱氮效果并优化反应方式,采用限氧曝气生物膜反应器进行试验研究,分析了污染物去除效果和主要影响因素。结果表明:在第一反应室 DO 为 1.5~2 mg/L、第二反应室 DO 为 1~1.5 mg/L、HRT 为 3.13 h、 $\rho(\text{COD}) = 69.8 \sim 85.2 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N}) = 14.6 \sim 17.9 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TN}) = 17.3 \sim 21.2 \text{ mg/L}$ 的进水条件下,反应器出水 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TN 最大质量浓度分别为 18.3 mg/L、0.23 mg/L 和 8.92 mg/L,平均去除率分别为 80.8%、99.3% 和 59.3%,同步硝化反硝化效率(SND 率)为 45.4%~56.5%;在 2.78 h \leq HRT \leq 4.17 h 范围内,反应器出水 COD 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度达到 GB 3838—2002 Ⅲ类标准要求,出水 $\rho(\text{TN}) < 10 \text{ mg/L}$ 且 SND 率达到 52%。

关键词:生活污水;同步硝化反硝化;脱氮

中图分类号:X53

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2020)05-0018-05

Experimental study on the simultaneous nitrification and denitrification of coal mine domestic sewage

ZHANG Yunying¹, XIE Pengyan¹, PENG Guomin³, CHEN Wei¹, JIN Lili², ZHENG Pengsheng²

(1. Wangzhuang Mine of Shanxi Lu'an Environmental Energy Development Limited Company, Changzhi 046031, China; 2. Hangzhou Environmental Protection Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, Hangzhou 311201, China; 3. Jining Ecological Environment Monitoring Center of Shandong Province, Jining 272100, China)

Abstract: To improve the nitrogen removal effects of coal mine domestic sewage and reactive mode, a two-stage limited aeration biofilm reactor was used to carry out an experiment. The pollutant removal effects and influencing factors were analyzed. The results indicate: Under the condition that the 1st reaction chamber DO of 1.5~2 mg/L, the 2nd reaction chamber DO of 1~1.5 mg/L, HRT=3.13 h, and the influent quality of $\rho(\text{COD})$ 69.8 to 82.5 mg/L, $\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N})$ 14.6 to 17.9 mg/L, $\rho(\text{TN})$ 17.3 to 21.2 mg/L, the maximal concentrations of COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, and TN in the last effluent were 18.3 mg/L, 0.23 mg/L and 8.92 mg/L, with the mean removal rates of 80.8%, 99.3%, 59.3% and the SND ratio of 45.4%~56.5%. In the HRT rang of 2.78 h to 4.17 h, the effluent concentrations of COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ met the Category Ⅲ of environmental quality standards for surface water (GB 3838—2002), and the effluent concentration of TN was not more than 10 mg/L with the SND ratio of 52%.

Key Words: Domestic sewage; Simultaneous nitrification and denitrification; Nitrogen removal

0 引言

目前,我国煤矿生活污水处理厂出水水质普遍要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A。随着水体富营养化防治要求的提高,一些缺少受纳水体的地区甚至要求新建污水处理厂出水 NH_4^+-N 、COD、TP 浓度达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) III 类标准限值,并且明确要求 TN 浓度不超过 10mg/L。COD 和 TP 可以在生化之后通过深度处理进一步强化去除,而脱氮主要通过生物处理工艺实现^[1-2]。受进水水质和工艺条件的限制,传统工艺难以实现低成本、深度脱氮^[3-4]。针对生活污水新型生物脱氮工艺开发,国内外研究主要集中于氧化沟、A/O、分段进水法、SBR、生物滤池、MBR 等工艺,对新型生物膜脱氮反应器的研究相对较少^[5-9]。同步硝化反硝化 (Simultaneous Nitrification and Denitrification, SND) 能够在同一反应器中实现 NH_4^+-N 、TN 和 COD 的同步去除,可节省碳源并简化工艺流程,打破常规生物处理

工艺在空间设置上的局限性,强化同步脱氮作用^[10]。现有 SND 技术研究主要针对 SBR 反应器,通过间歇曝气实现工艺优化,生物膜法相关研究较少^[11-15]。本研究以限氧曝气生物膜反应器为研究对象,探讨在一体化反应器中稳定实现高效脱氮的控制方法,为煤矿生活污水生物处理工艺设计提供新的思路。

1 材料与方法

1.1 试验装置

限氧曝气生物膜反应器如图 1 所示,由 C1、C2 两级反应室串联而成,C1、C2 有效容积分别为 1.5 m^3 和 1 m^3 ,总有效容积为 2.5 m^3 。C1、C2 均设有填充率为 70% 的生物载体、曝气管及排泥管,载体外形为边长 50 mm 的立方体,孔隙率为 91.2%。污水由水泵引入 C1 上部,C1 出水经下部水流通道流入 C2。C1、C2 的曝气管路相互独立,由 2 台回转式风机供给的空气由曝气管分别输入 C1、C2 反应室底部,风量通过在线 DO 仪和 PLC 进行联锁控制。

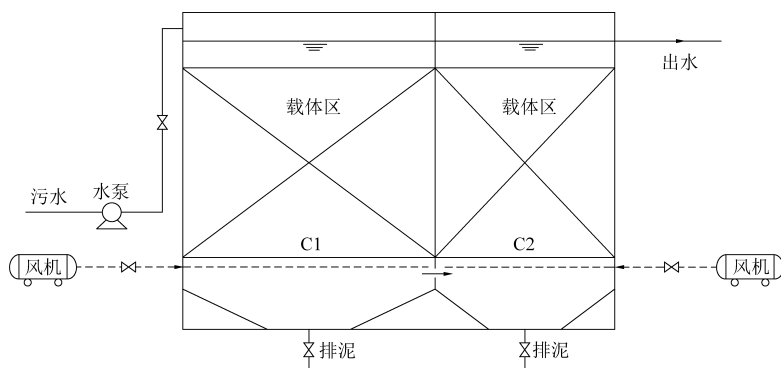


图 1 限氧曝气生物膜反应器示意

1.2 试验方法

试验用水为某煤矿生活污水,试验期间原水水质: NH_4^+-N 13.8~17.9 mg/L、TN 16.2~21.2 mg/L、TP 1.33 ~ 1.96 mg/L、COD 66.5 ~ 92.3 mg/L、SS 32.1~49.3 mg/L、pH 7.32~7.64。

试验过程分为反应器启动、稳定运行和参数优化 3 个阶段。反应器启动阶段,一次性接种 2L 复合微生物菌剂后开始闷曝养生,待载体正常挂膜后根据反应器实际处理效果逐级提高进水流量至 $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$,期间将 C1 和 C2 的 DO 浓度分别控制为 $2 \pm 0.2 \text{ mg/L}$ 和 $1.5 \pm 0.5 \text{ mg/L}$ 。稳定运行阶段,进水流量 $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ (HRT = 3.13h),将 C1 和 C2 的 DO 浓度分别控制为 $1.5 \sim 2 \text{ mg/L}$ 和 $1 \sim 1.5 \text{ mg/L}$,分析反应器对主要污染物的去除效果。参数优化

阶段,将 C1 和 C2 的 DO 浓度分别控制为 $1.5 \sim 2 \text{ mg/L}$ 和 $1 \sim 1.5 \text{ mg/L}$,通过 HRT 的调整进一步优化脱氮效果。

分析测试方法: NH_4^+-N 、TN、COD 测定分别采用纳氏试剂比色法、TNT 过硫酸盐消解法、快速消解分光光度法。

2 结果与讨论

2.1 污染物去除效果分析

在 HRT = 3.13 h、 $\rho(\text{DO})_{\text{C1}} = 1.5 \sim 2 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{DO})_{\text{C2}} = 1 \sim 1.5 \text{ mg/L}$ 的条件下,限氧曝气生物膜反应器对 COD、 NH_4^+-N 和 TN 的去除效果如图 2~图 4 所示。在进水 $\rho(\text{COD}) = 69.8 \sim 85.2 \text{ mg/L}$ 的情况下,C1 出水 $\rho(\text{COD}) = 22.2 \sim 26.5 \text{ mg/L}$ 、C2

出水 $\rho(\text{COD}) = 9.82 \sim 18.3 \text{ mg/L}$, 经过 2 级生化反应, 反应器对 COD 的去除率为 78%~86.6%, 平均去除率为 80.8%, 出水 COD 浓度达到 GB 3838—2002 Ⅲ类标准限值 ($\rho(\text{COD}) \leq 20 \text{ mg/L}$) 要求。

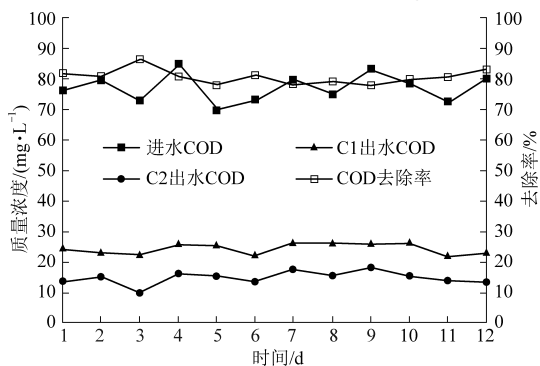


图2 COD去除效果

在 $\text{HRT} = 3.13 \text{ h}$ 的条件下, 限氧曝气生物膜反应器对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果如图 3 所示。在进水 $\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N}) = 14.6 \sim 17.9 \text{ mg/L}$ 的情况下, C1 出水 $\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N}) = 0.78 \sim 1.36 \text{ mg/L}$ 、C2 出水 $\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N}) = 0.03 \sim 0.23 \text{ mg/L}$, 经过 2 级硝化作用, 反应器对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率为 98.7%~99.8%, 平均去除率为 99.3%, 出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度达到 GB 3838—2002 Ⅲ类标准限值 ($\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N}) \leq 1 \text{ mg/L}$) 要求。

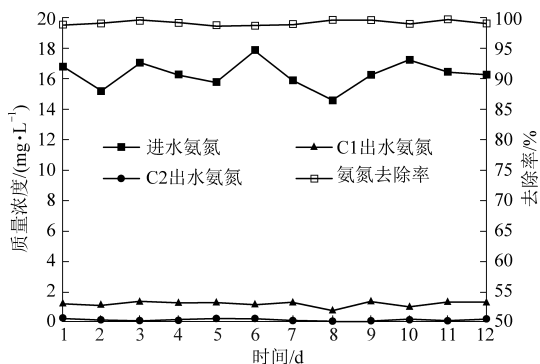


图3 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除效果

在 $\text{HRT} = 3.13 \text{ h}$ 的条件下, 限氧曝气生物膜反应器对 TN 的去除效果如图 4 所示。在进水 $\rho(\text{TN}) = 17.3 \sim 21.2 \text{ mg/L}$ 的情况下, C1 出水 $\rho(\text{TN}) = 9.13 \sim 11.9 \text{ mg/L}$ 、C2 出水 $\rho(\text{TN}) = 7.15 \sim 8.92 \text{ mg/L}$, C1 对 TN 的去除率为 43.9%~52.7%, 反应器对 TN 的去除率为 54.4%~63.7%, 平均去除率为 59.3%, SND 率为 45.4%~56.5%。

在进水污染物浓度波动较大的情况下, 反应器对主要污染物的去除效果稳定。限氧曝气条件下, C1、C2 反应室均能实现 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、COD 及 TN 的同步去除, 并且具有较强的抗冲击负荷能力, 对

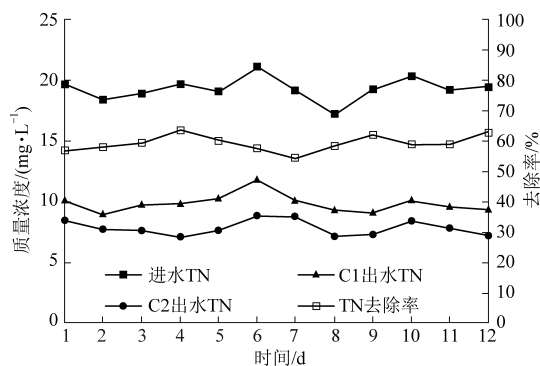


图4 TN去除效果

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 COD 达到了深度处理效果。该反应器与常规好氧生物膜反应器运行方式不同, 限氧曝气条件下, 载体表面的硝化细菌和异养菌对 DO 保持着较高的消耗速率, 气泡难以直接穿透以杆菌为主体的表层生物膜进入载体内部所有孔道, 因而形成较为稳定的局部厌氧微环境, 促使反应器在碳源充足的条件下进行同步硝化反硝化。另外, 该反应器并非通过厌氧段或序批式曝气实现反硝化, 微观厌氧区并不影响好氧区 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及 COD 的高效去除。

2.2 HRT 对处理效果的影响

在 $\rho(\text{DO})_{\text{C1}} = 1.5 \sim 2 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{DO})_{\text{C2}} = 1 \sim 1.5 \text{ mg/L}$ 的条件下, 通过对进水流量的调整分析 HRT 对反应器处理效果的影响, HRT 对 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 TN 去除效果的影响如图 5~7 所示。由 C1 出水 COD 和 C1 出水 COD 浓度变化趋势可以看出, 两级限氧曝气条件下, 反应器对 HRT 变化具有一定的缓冲能力。在 $1.79 \text{ h} \leq \text{HRT} \leq 3.57 \text{ h}$ 的情况下, 延长 HRT 可显著提高 COD 去除率。当 $\text{HRT} \geq 3.57 \text{ h}$, 继续延长 HRT 对 COD 去除率的影响并不明显, $\eta(\text{COD}) = 83.1\% \sim 84.0\%$ 。当 $\text{HRT} \geq 1.92 \text{ h}$, 出水 $\rho(\text{COD}) \leq 18.9 \text{ mg/L}$, 可满足 GB 3838—2002 Ⅲ类标准要求。

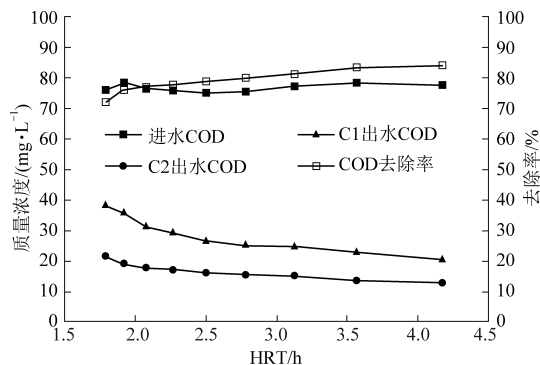


图5 HRT对COD去除效果的影响

在 $1.79 \text{ h} \leq \text{HRT} \leq 2.78 \text{ h}$ 的情况下, 延长 HRT

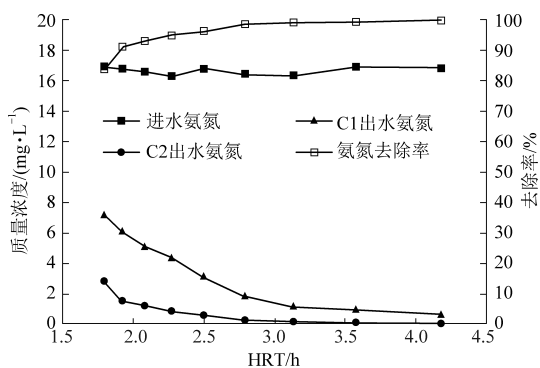
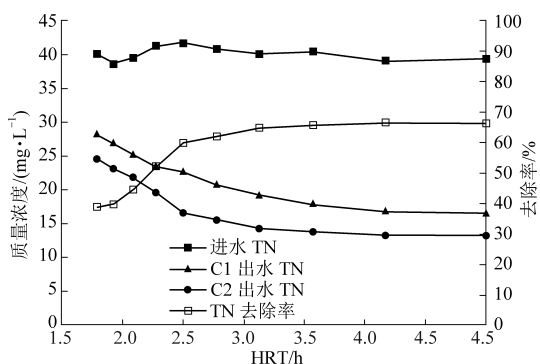
图6 HRT对NH₄⁺-N去除效果的影响

图7 HRT对TN去除效果的影响

可显著提高NH₄⁺-N去除率。当HRT≥2.78 h,继续延长HRT对NH₄⁺-N去除率的影响并不明显,η(NH₄⁺-N)=98.7%~99.8%。当HRT≥3.57 h,C1出水ρ(NH₄⁺-N)≤0.93 mg/L,C1即可满足GB 3838—2002 III类标准要求,过长的HRT难以使C2发挥有效的硝化作用。当HRT≥2.27 h,反应器出水ρ(NH₄⁺-N)≤0.82 mg/L,可满足GB 3838—2002 III类标准要求。

在1.79 h≤HRT≤3.57 h的情况下,TN去除率随HRT的延长而提高,这一趋势在1.79 h≤HRT≤2.78 h尤为显著。当HRT≥2.08 h,出水ρ(TN)≤10 mg/L。根据HRT变化对COD、NH₄⁺-N和TN去除效果的总体影响,延长HRT可在一定程度上提高出水水质,但过长的HRT又会影响到反应器处理效率。在2.78 h≤HRT≤4.17 h范围内,HRT的变化对处理效果影响较小,反应器出水COD、NH₄⁺-N浓度均达到GB 3838—2002 III类标准要求,出水ρ(TN)<10 mg/L,SND率达到52%,反应器可以通过SND方式高效脱氮。考虑到反应器处理效能与出水水质2方面要求,将反应器HRT控制在2.78 h较为合理。

3 结论

(1)采用二级限氧曝气生物膜反应器处理生

活污水,在ρ(DO)_{C1}=1.5~2 mg/L、ρ(DO)_{C2}=1~1.5 mg/L,HRT=3.13 h,ρ(COD)=69.8~85.2 mg/L、ρ(NH₄⁺-N)=14.6~17.9 mg/L、ρ(TN)=17.3~21.2 mg/L的进水条件下,出水COD、NH₄⁺-N、TN最大浓度分别为18.3 mg/L、0.23 mg/L和8.92 mg/L,平均去除率分别为80.8%、99.3%和59.3%,SND率为45.4%~56.5%,出水COD和NH₄⁺-N满足GB 3838—2002 III类标准限值要求,出水TN≤10 mg/L。

(2)在2.78 h≤HRT≤4.17 h范围内,HRT的变化对处理效果影响较小,反应器出水COD、NH₄⁺-N浓度均达到GB 3838—2002 III类标准要求,出水ρ(TN)<10 mg/L,SND率达到52%,反应器可以通过SND方式高效脱氮。

参考文献

- [1] 王龙辉,陈杨武,杜世章,等. 复配混凝剂强化处理生活污水试验研究[J]. 工业水处理, 2017, 37(2): 64-67.
- [2] 郑彭生,郭中权,吴雪茜,等. 硅藻土处理煤矿生活污水的工业性试验[J]. 黑龙江科技大学学报, 2018, 28(6): 682-685.
- [3] 周国标,周鹏飞,雷睿,等. 传统A2/O城市污水处理中存在的工艺问题及其优化控制策略[J]. 水处理技术, 2017, 43(6): 11-17.
- [4] 丁晓倩,赵剑强,陈钰,等. 传统和氧化沟型A2/O工艺脱氮除磷性能对比[J]. 环境工程学报, 2018, 12(5): 1480-1489.
- [5] 李卫平,张敬朝,杨文焕,等. S/AMBBR和DE氧化沟对低浓度城市污水的处理效果对比[J]. 环境工程学报, 2017, 11(2): 862-866.
- [6] 郭昌梓,张凤燕,刘富宇,等. 单级和多级A/O工艺中氮的去除效果及N₂O的产生特性[J]. 环境科学, 2017, 38(2): 647-653.
- [7] 巩秀珍,于德爽,袁梦飞,等. 后置短程反硝化AOA-SBR工艺实现低C/N城市污水的脱氮除磷[J]. 环境科学, 2019, 40(1): 360-368.
- [8] 郑彭生,郑利祥,杨建超,等. 连续曝气生物膜反应器同步脱氮除磷实验研究[J]. 水处理技术, 2019, 45(12): 118-121.
- [9] 吕亮,赵诗惠,韦佳敏,等. ABR-MBR工艺处理生活污水实现短程硝化[J]. 环境科学, 2017, 38(12): 5154-5161.
- [10] Tsuneda S, Ohno T, Soejima K, et al. Simultaneous nitrogen and phosphorus removal using denitrifying phosphate-accumulating organisms in a sequencing batch reactor[J]. Biochemical Engineering Journal, 2006, 27(3): 191-196.
- [11] Lo I W, Lo K V, Mavimic D S, et al. Contributions of biofilm and suspended sludge to nitrogen transformation and nitrous oxide emission in hybrid sequencing batch system[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010(7): 953-960.

- [12] 郑彭生, 杨建超, 裴菲, 等. 固定床生物膜反应器处理煤矿生活污水的实验研究 [J]. 黑龙江科技大学学报, 2020, 30 (4): 361-365.
- [13] 张建华, 彭永臻, 张森, 等. 同步硝化反硝化 SBBR 处理低 C/N 比生活污水的启动与稳定运行 [J]. 化工学报, 2016, 67 (11): 4817-4824.
- [14] 郝军, 王明, 王坤, 等. 多相泥膜耦合工艺处理煤矿生活污水的试验研究 [J]. 能源环境保护, 2019, 33 (3): 31-33+4.
- [15] 谷松, 高杰. 淮南矿区煤矿生活污水处理技术探讨 [J]. 能源环境保护, 2016, 30 (6): 37-40.