

供碳源载体及其在低碳氮比污水处理中的应用研究

Study on the Carrier as Carbon Source and Its Application
on the Treatment of Low C/N Wastewater

回 进¹, 王冰松¹, 张凤君²

(1. 辽宁科技大学中环辽宁工程技术股份有限公司 鞍山 114044);

(2. 吉林大学环境与资源学院 长春 130026)

摘要 为解决低C/N污水的脱氮问题, 本实验自行研制开发了一种新型碳聚合物载体。对该载体进行低C/N污水的生物膜脱氮研究, 考察了HRT、pH、DO、温度等因素对系统同步硝化反硝化脱氮效果的影响。结果表明: 在C/N比为4、pH=8、DO=1 mg/L、HRT=6 h、T=24 ℃的条件下, 氨氮及总氮的去除率分别可以达到90%和70%。

关键词 碳聚合物 载体 同步硝化反硝化 碳氮比

Abstract In order to solve the problem of removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in the treatment of low C/N ratio wastewater, a new kind of carbon polymer carrier was developed, the removal of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ by biofilm with the carrier was studied. Factors affected the system of simultaneous nitrification and denitrification, such as HRT, pH, DO and temperature, were investigated. The results indicated that C/N=4, pH=8, DO=1mg/L, HRT=6h, T=24 ℃, the removal rates of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and TN were 90% and 70%, respectively.

Key words Carbon Polymer Carrier Simultaneous Nitrification and Denitrification C/N Ratio

随着人们生活水平的提高, 城市污水中氮、磷等营养物质的含量不断增加。在我国, 许多城市相继出现了COD含量不高, 氮的含量却较高的低C/N污水。目前, 我国城市污水处理厂脱氮仍以生物法为主。由于低C/N污水中有机物含量偏低, 其本身所能提供的碳源不能满足反硝化的要求, 这使得采用传统生物脱氮工艺处理低C/N污水时遇到较大的困难^[1,2]。

本文探讨利用生物膜同步硝化反硝化理论, 采用自行研制的新型碳聚合物作为生物膜载体和碳源, 进行低C/N污水生物脱氮实验研究, 以提高低C/N污水的脱氮处理效率。

1 实验材料与方法

1.1 实验用水

以动态连续实验为主, 进水采用人工模拟配

制的低C/N污水: 在自来水中加入葡萄糖、氯化铵、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾及硫酸亚铁、氯化钙、氯化镁、氯化锌等微量元素, 利用碳酸氢钠来调节配水的pH值。原水水质指标见表1。

表1 人工配水水质指标 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

指标	数值
COD	120
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	30
pH	7.0 ~ 8.5
K_2HPO_4	14.29
KH_2PO_4	28.57
FeSO_4	20
CaCl_2	20
MgCl_2	10
ZnCl_2	10

收稿日期: 2011-01-20

项目基金: 吉林省科技厅基金项目(20040577)资助。

作者简介: 回 进(1982~), 女, 硕士, 助理工程师。研究方向: 水处理技术。E-mail: huijin434@126.com

1.2 测试方法

实验具体分析方法见表2^[9]。

表2 指标与分析方法

序号	指标	分析方法
1	氨氮	钠氏试剂比色法
2	亚硝酸盐氮	N-1-萘基-乙二胺比色法
3	硝酸盐氮	酚二磺酸分光光度法
4	总氮	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法
5	COD	重铬酸钾法
6	pH	211 Microprocessor pH 计
7	DO	HI—9143 便携式溶氧仪

1.3 载体材料

载体填料采用自制的淀粉基可生物降解聚合物，这种填料经长时间水中浸泡仍能保持一定的硬度。其物化性能见表3。

表3 载体填料的物化性能

序号	指标	测量结果
1	形态	粗糙杆状
2	颜色	乳白色
3	表观密度	0.9902/g·cm ³
4	相对密度 (室温 23 ℃, 相对于水)	1.154 2
5	吸水率	55.98%
6	40 d 土壤降解率	11.23%

实验中，将该填料用纤维绳捆扎成束悬于反应器内。

1.4 实验装置

实验装置见图1。

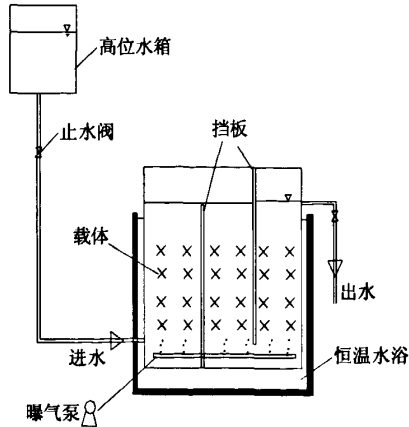


图1 实验装置及工艺流程

采用有机玻璃材料的长方体折流板容器作为本实验的反应器，其有效容积为2.5 L。

1.5 填料挂膜与驯化

接种污泥取自长春一汽污水处理厂二沉池。挂膜驯化期间，控制进水pH为7.0~8.5，温度保持在24 ℃左右，采用小气量连续曝气方式，控制DO为1~2 mg/L。随着载体上生物膜量的增加，逐渐减少有机物的浓度，加大NH₃-N浓度。实验采用间歇换水的方式，每天换水一次，每次换水时间不超过1.5 h。

系统运行3周后，载体生物膜由浅褐色变为灰褐色，且结构密实、有粘性。对其进行镜检发现，在生物膜上有大量的游仆虫、草履虫等鞭毛、纤毛虫类，系统的COD和氨氮去除率分别达到90%和70%以上，这说明生物膜已经成熟。此时挂膜驯化结束，系统转为连续进水。

2 结果与讨论

2.1 最佳水力停留时间的确定

测定HRT分别为2、4、6、8、12、14 h下水COD和氨氮去除效果，确定系统最佳水力停留时间。结果见图2。

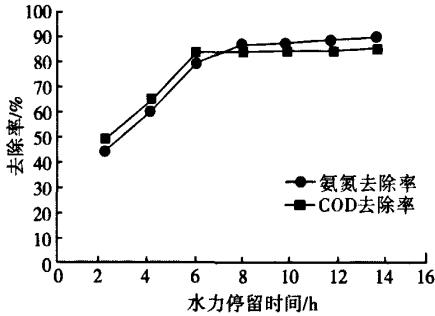


图2 不同水力停留时间下COD和氨氮的去除率

由图2可以看出，COD去除率在HRT=6 h后，基本稳定在84%以上，且增加不明显。这是由于HRT较短时，生物膜不能与水中的污染物充分接触，导致去除率不理想；当HRT较长时，较小的流速虽使水中污染物与生物膜上的微生物充分接触，但却增加了生物膜上附着水层的厚度，使影响传质过程的主要因素——传质阻力明显增加，因此很难再继续提高去除效率。综合考虑去除效果及能耗问题，实验最终确定HRT为6 h。

2.2 pH值对生物膜脱氮效果的影响

实验分别选取pH值为7.0、7.5、8.0、8.5、

9.0 (控制反应器内DO为2 mg/L, 温度24 ℃), 考察不同pH值对系统脱氮效果的影响, 结果见图3、图4。

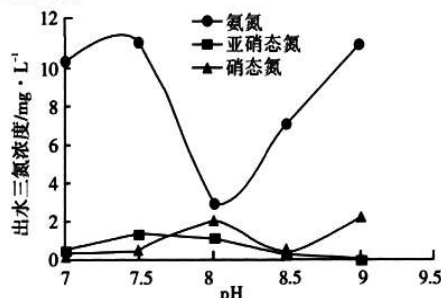


图3 pH对三氮去除效果的影响

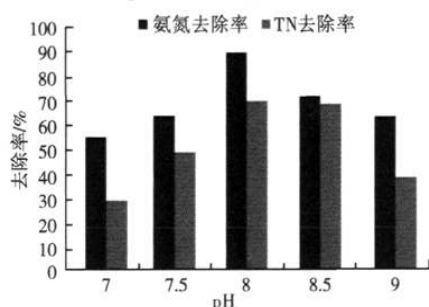


图4 不同pH条件下氮的去除率

从图3和4可以看出当pH=8时, 生物膜的脱氮效果最好, 此时氨氮、总氮去除率分别达到了90%和70%, 且未出现亚硝酸盐和硝酸盐的积累。当pH=7~7.5时, 总氮去除率不足50%, 硝化能力明显下降。这是因为过高的pH会抑制反硝化作用, 使平衡向着不利于反硝化过程的方向偏移。

2.3 DO对生物膜脱氮效果的影响

生物膜内部是否可以形成一个适宜的好氧区和厌氧区是生物同步硝化反硝化能否高效进行的关键之一^[4]。实验分别在DO为0.5、1、1.5、2 mg/L的条件下, 控制pH为8, 温度为24 ℃, 来考查不同DO对系统脱氮效果的影响, 结果见图5、图6。

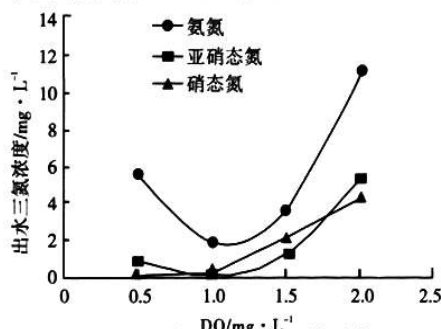


图5 DO对三氮去除效果的影响

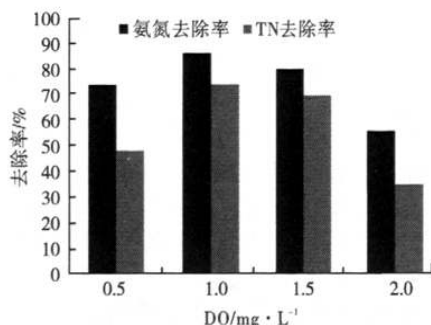


图6 不同DO条件下氮的去除率

从图5和图6看出, DO=1 mg/L时, 出水氨氮浓度为2502 mg/L, 总氮去除率约为79.5%; DO=2 mg/L时, 氨氮和总氮去除率大幅下降。主要是因为DO的升高虽然能够满足硝化反应对氧的需求, 却增大了氧在微生物中的传递推动力, 使生物膜内部的缺氧环境范围得到了缩小, 抑制了反硝化菌的生长及活性, 进而削弱了反硝化的进程。此外, DO的增大使异养好氧菌活性增强, 与自养硝化菌形成竞争关系, 不利于硝化菌的增殖。

2.4 温度对生物膜脱氮效果的影响

温度对硝化菌和反硝化菌的增殖速度和活性影响较大, 故温度是生物脱氮的重要因素之一。

控制反应器内溶解氧浓度为DO=1 mg/L, 调节pH为8, 在温度分别为22、24、26、28 ℃下, 考察系统的脱氮效果。结果见图7、图8。

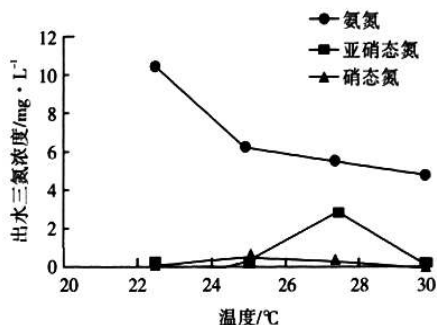


图7 温度对三氮去除效果的影响

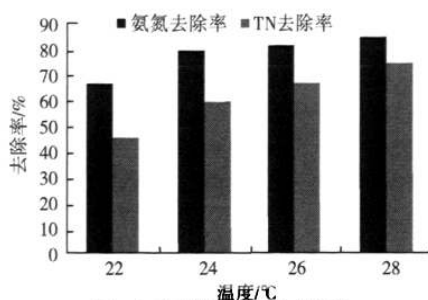


图8 不同温度下氮的去除率

由图7和图8可以看出,随着温度的升高,氨氮的去除率增大,当温度达到24℃后,氨氮的去除率随温度的变化明显变缓,此时氨氮和总氮去除率分别达到80.73%和60.34%。但当温度为22℃时,较低的温度抑制了硝化菌尤其是反硝化菌的活性,出水氨氮浓度较高,水质不稳定。

综合考虑经济因素及实际水体的温度条件,选择24℃为本实验最佳温度条件。

2.5 供碳源载体为反硝化供碳源情况

从生化反应计量学出发,周少奇等^[5]讨论

了反硝化降解氮素所消耗COD的情况,得出将1 gN-NO₃反硝化成N₂至少需要2.875 g的COD,完全反硝化1 gN-NO₂至少需要1.714 g的COD。假设氨氮分别通过硝基氮(NO₃)途径(即理论需COD最大值)和亚硝基氮(NO₂)途径(即理论需COD最小值)降解,则理论消耗的COD和实际消耗的COD对比列于表4。

表4 不同条件下碳源消耗情况对比

指标	数值	NH ₃ -N	完全硝基途径 消耗 COD	完全亚硝基途径 消耗 COD	实际消耗 COD
pH	7	20.238	148.693	88.647	70.222
	7.5	19.344	142.124	84.731	79.326
	8	27.145	199.44	118.901	56.916
	8.5	23.287	171.098	102.002	52.452
	9	19.444	142.859	85.169	74.772
DO /mg·L ⁻¹	0.5	23.8	174.864	104.249	81.48
	1	27.948	205.34	122.418	105.125
	1.5	25.908	190.352	113.483	105.006
	2	17.85	131.148	78.187	116.634
T/℃	22	20.31	149.222	88.962	96.587
	24	24.22	177.95	106.089	115.745
	26	24.87	182.725	108.936	116.214
	28	25.56	187.795	111.958	101.858

由表4可知,大多数原水实际消耗的COD量少于理论最小需要值,说明淀粉基载体可以为反硝化菌提供碳源;另有少部分原水实际消耗COD量介于理论最大、最小需要值之间且略大于理论最小需要值,鉴于反应系统实际不会完全通过硝基氮途径(理论最大需要值)或亚硝基氮途径(理论最小需要值)进行降解,说明在淀粉基载体提供了部分碳源条件下,系统的同步硝化反硝化脱氮处理能够得以实现。

3 结论

(1)载体填料外观呈乳白色,杆状,具有较好的生物可降解性,其表面粗糙,吸水率适中,为反硝化菌提供了良好的生长微环境及所需的碳源。

(2)在pH=8, DO=1 mg/L,温度为24℃时,可以达到很好的脱氮效果,氨氮和总氮的去除率分别可以达到90%和70%。

(3)载体本身的材料均为生物可降解物质,对环境无害,有利于该载体的推广应用。

参考文献

- [1]聂 薰.两级SBR工艺除磷脱氮自动控制试验研究[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(3):611-614.
- [2]陈 涛,罗 伟,张凤君,等.以改性蛭石为填料的生物流化床法处理低C/N污水的应用[J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(2):394-398.
- [3]国家环保局.水和废水监测分析方法(第三版)[M].北京:中国环境科学出版社,1989.
- [4]Muller W R, Heinemann A, Schafer C, et al. Aspects of PHA(poly-e-Hydroxyl-butiric-acid) as an H-donor for denitrification in water treatment processes[J]. Water Supply,1992,10:79-90.
- [5]周少奇,方汉平.低COD/N-NH₄比废水的同时硝化反硝化生物处理策略[J].环境污染与防治,2000,22(1):18-21.