

文章编号: 1000-5862(2013)01-0089-04

天然沸石对废水中低浓度氨氮的去除研究

黎晓霞¹, 刘炳娟², 蔡河山¹

(1. 佛山科学技术学院环境工程系, 广东 佛山 528000; 2. 邯郸职业技术学院建工系, 河北 邯郸 056001)

摘要: 采用振荡试验研究了天然沸石对废水中氨氮的去除效果. 研究表明: 所选材料对废水中氨氮具有较好、较稳定的吸收效果. 沸石投加量、废水 pH 值、反应时间、振荡速度和沸石粒径对沸石去除废水中氨氮的效果均有不同程度的影响. 实验证明最优试验条件是: 沸石投加量为 3.0 g、废水 pH 值为 4、反应时间为 90 min、振荡速度为 125 r/min 及沸石粒径为 5.0 mm. 在该最优条件下沸石对废水中氨氮的去除率达到 80% 以上.

关键词: 天然沸石; 氨氮; 去除; 废水

中图分类号: O 642

文献标志码: A

0 引言

目前, 随着社会经济高速发展、人们生活水平明显提高, 各种含氨氮的生活废水、工业污水及农业废水被排入湖泊、河流等. 氨氮是作物生长的重要无机营养物质之一, 但当其过量排入水体也会引起河流、海洋、湖泊等水体的富营养化, 造成水中的溶解氧锐减、鱼类大量死亡等生态环境的破坏^[1-4]. 对废水中的氨氮尤其是低浓度氨氮的去除研究, 是目前环境科学领域的一个研究热点^[5-8].

沸石是一种具有多孔性的铝硅酸盐, 其分子式通式为 $M_{n/2} \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$, 式中 M 为碱金属或碱土金属阳离子. 因为沸石骨架上的水分子和平衡阳离子与其结合不够紧密, 很容易与周围溶液里的阳离子之间发生交换作用, 且交换后沸石的基本结构并不改变, 因此使沸石具有独特的吸附性能^[9]. 沸石在我国资源丰富, 生产成本低廉, 再生容易. 本研究采用振荡法对天然沸石吸附氨氮开展试验研究, 探讨沸石投加量、废水 pH 值、振荡时间、振荡速度、沸石粒径等因素对沸石去除废水中氨氮效率的影响, 为天然沸石应用于含氮污水的处理提供一些依据.

1 实验部分

1.1 实验材料

天然沸石: 需对其进行洗涤烘干处理, 以确保其表面没有粘附其他杂质, 再将其研磨成实验所需粒径大小. 模拟废水: 称取一定量经 100 °C 干燥过的氯化铵溶于水中, 配置成氨氮浓度约为 12 mg/L 的废水.

1.2 实验方法

1.2.1 投加量对沸石吸附氨氮的影响 分别称取过 0.5 mm 筛的天然沸石 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 g 于 6 个 250 mL 的锥形瓶中, 并在该 6 个锥形瓶中各加入 100 mL 模拟废水, 之后在振荡器上以 100 r/min 的速度振荡 2 h. 过滤, 测其上清液的氨氮浓度.

1.2.2 废水 pH 值对沸石吸附氨氮的影响 在 6 个锥形瓶中各加入 100 mL 模拟废水, 分别调节废水的 pH 值为 3、4、5、6、8 和 9, 分别加入上述最佳沸石量进行吸附实验. 于 100 r/min 的振荡速度下振荡 2 h. 过滤, 测其上清液的氨氮浓度.

1.2.3 振荡时间对沸石吸附氨氮的影响 在 9 个锥形瓶中各加入 100 mL 模拟废水, 在上述最佳 pH 值和最佳沸石投加量的条件下, 振荡时间分别选取

收稿日期: 2012-09-12

基金项目: 广东高校优秀青年创新人才培养计划(LYM11127), 广东高校土建工程技术开发中心建设课题(GCZX-B1001), 佛山科学技术学院学科平台“国土资源环境与旅游研究中心”和校级重点课题资助项目.

作者简介: 黎晓霞(1979-), 女, 广东台山人, 实验师, 硕士, 主要从事水污染处理技术的研究.

5、10、20、30、45、60、90、120 和 180 min 进行吸附实验. 振荡速度为 100 r/min 左右. 过滤, 测其上清液的氨氮浓度.

1.2.4 振荡速度对沸石吸附氨氮的影响 在上述最佳实验条件下, 调节振荡速度分别为 0、125、250 r/min 进行实验, 振荡时间为 90 min. 实验结束后过滤, 测其上清液的氨氮浓度.

1.2.5 粒径对沸石吸附氨氮的影响 在上述最佳实验条件下, 分别取过 0.5、3.0、5.0 和 10.0 mm 筛的沸石进行吸附实验. 实验结束后过滤, 测其上清液的氨氮浓度.

1.3 分析方法

氨氮的测定: 采用纳氏试剂分光光度法进行测定.

2 实验结果与讨论

2.1 沸石投加量对沸石吸附氨氮的影响

由图 1 可以看出, 随着天然沸石投加量从 1.0 g 增加到 3.5 g, 氨氮去除效率呈增加趋势, 但当天然沸石量增到 3.0 g 以后, 增加沸石量对氨氮去除率的增加趋势逐渐平缓. 天然沸石投加量从 3.0 g 增加到 3.5 g, 对氨氮的去除率仅增加 0.2%, 氨氮去除率相差无几, 可认为天然沸石对氨氮的去除率已经稳定. 因此确定以下试验中均采用天然沸石量为 3.0 g.

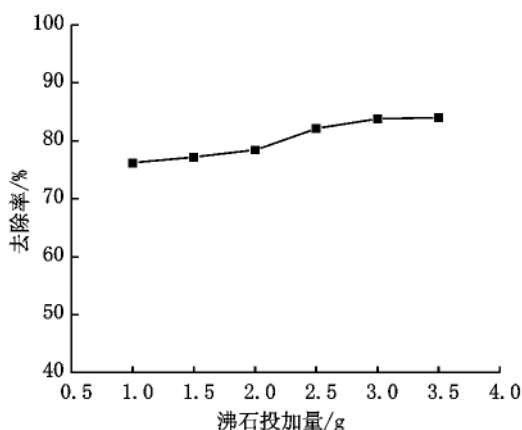


图 1 沸石投加量对沸石去除氨氮效果的影响

2.2 废水 pH 值对沸石吸附氨氮的影响

氨氮在沸石上的吸附机理以化学吸附作用和离子交换作用为主, 废水呈酸性时氨氮在水中主要是以 NH_4^+ 存在, 呈碱性时主要以 NH_3 存在; NH_4^+ 主要通过阳离子交换去除, NH_3 主要通过吸附去除^[10-11]. 从图 2 可知, 当废水的 pH 值为 3 时, 天然沸石对氨氮去除效率最低, 约为 65.6%, 这可能是因为当溶

液 pH 值较低时, 溶液中的 H^+ 浓度较高, H^+ 将与 NH_4^+ 发生竞争吸附, 并且 H^+ 直径比 NH_4^+ 直径小, H^+ 更容易进入天然沸石孔道与阳离子进行交换, 从而使得天然沸石对氨氮的去除率降低^[12-13]. 除 pH 值为 3 外, 其余各 pH 值下氨氮去除率在 74.6% ~ 79.0% 之间. 实验证明: 当 pH 值在 4 ~ 9 范围内时, pH 值对废水中氨氮的去除效率影响不大.

2.3 振荡时间对沸石吸附氨氮的影响

由图 3 可知, 随着振荡时间的延长, 氨氮的去除效率不断提高. 振荡时间从 5 min 增加到 180 min, 氨氮的去除率从 56.5% 增加到 77.8%. 因此, 沸石和水样接触时间的增加可充分发挥沸石的吸附能力及交换能力. 当振荡时间在 90 min 之前, 氨氮去除率增加较为明显, 90 min 之后则增长非常缓慢, 这是因为沸石吸附氨氮达到饱和后将出现吸附平衡及离子交换平衡, 此时再延长振荡时间, 氨氮的去除率也不会再增加.

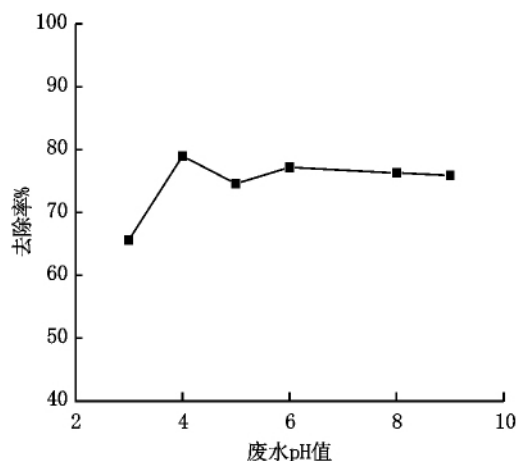


图 2 pH 对氨氮去除效果的影响

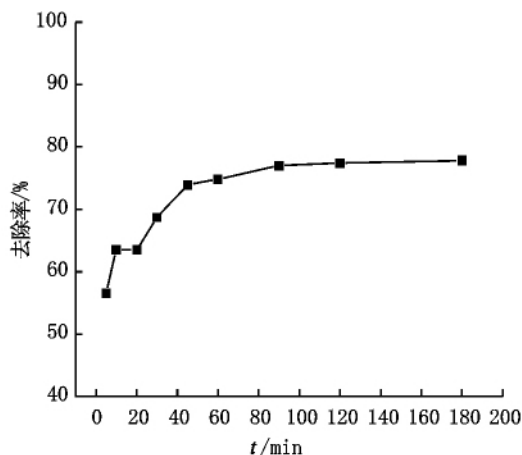


图 3 振荡时间对沸石吸附氨氮的影响

2.4 振荡速度对沸石吸附氨氮的影响

振荡速度的快慢影响水样和沸石接触反应的素

流强度,一般情况下紊流强度越大,沸石脱氮的效率越高.由图4可知,当反应时间为90 min,高振荡强度(250 r/min)的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率为76.9%,略大于低振荡强度(125 r/min)的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率(76.7%).当反应时间为180 min时,高振荡强度(250 r/min)的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率为75.6%,小于低振荡强度(125 r/min)的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率(77.6%).说明在高振荡强度下90 min已达吸附平衡,再增加反应时间则发生解吸现象.与静置反应相比,对反应器进行振荡,氨氮的去除率增加,但125 r/min和250 r/min的振荡强度对氨氮去除率相差无几.因此,本研究取125 r/min为最佳搅拌转速.

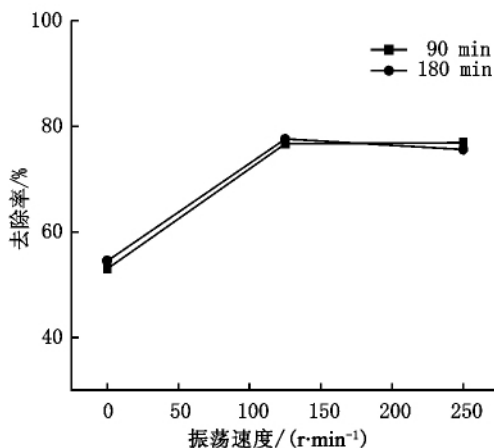


图4 振荡速度对氨氮去除效果的影响

2.5 沸石粒径对沸石去除氨氮效果的影响

由图5可知,沸石粒径大小从0.5 mm增加到5.0 mm时,氨氮去除率不断增加,当沸石粒径为5.0 mm时,氨氮的去除率为83.0%。但当沸石粒径由5.0 mm增加到10.0 mm时,氨氮的去除率降低,去除效率为73.7%。可知处理氨氮沸石的最佳粒径为5.0 mm。粒径太小的沸石容易团聚,因此不宜选用粒径太小的沸石。

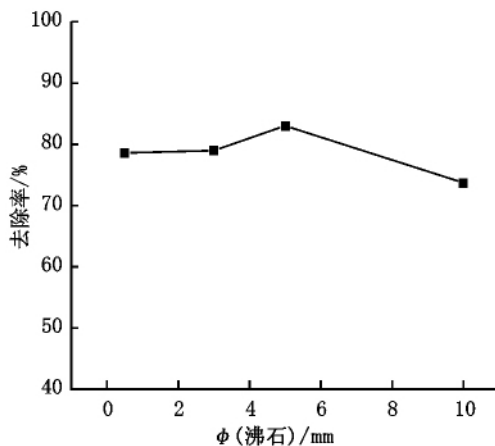


图5 粒径对沸石去除氨氮效果的影响

3 结论

(i) 氨氮去除效率随天然沸石投加量增加而提高,但当沸石量增到3.0 g以后,其增加趋势逐渐平缓,可认为天然沸石对氨氮的去除率已经稳定。

(ii) 当溶液pH值为3时,去除率较低。当pH值在4~9范围内时,氨氮去除率在74.6%~79.0%之间,对该废水中氨氮的去除效率影响不大。

(iii) 天然沸石对氨氮的去除率随反应时间增加先迅速上升,后转为缓慢上升,体现快速吸附、缓慢平衡。

(iv) 当振荡强度为125 r/min和250 r/min时对氨氮去除率相差无几,可取125 r/min为最佳搅拌转速。

(v) 当沸石粒径大小从0.5 mm增加到5.0 mm时,对氨氮的去除率不断增加;当沸石粒径由5.0 mm增加到10.0 mm时,氨氮的去除率降低。沸石处理废水中氨氮的最佳粒径为5.0 mm。

4 参考文献

- [1] 潘嘉芬. 天然及改性沸石对氨氮废水处理效果的试验研究[J]. 非金属矿, 2005, 28(6): 56-58.
- [2] 张翠玲, 常青, 张家利, 等. 天然沸石对农田退水中氨氮的去除[J]. 环境化学, 2012, 31(7): 1064-1068.
- [3] 赵玲玲, 陈英文, 沈树宝. 丝光沸石去除生活污水中氨氮的实验研究[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(9): 9-10.
- [4] 卢莉娟, 李端琴, 马建. 改性沸石净化微污染水中有机物的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(7): 3704-3706.
- [5] 王利民, 梁美生, 来永凯. 斜发沸石去除废水中氨氮及其再生研究[J]. 太原理工大学学报, 2010, 28(1): 47-50.
- [6] 徐鹏飞, 陈朴青, 简敏菲, 等. 不同人工湿地填料对氨氮的吸附特性分析[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2012, 36(2): 209-212.
- [7] 胡春华, 张培, 曾思苗, 等. 鄱阳湖不同形态氮的时空分布特征[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2012, 36(2): 213-217.
- [8] 阳维薇, 王中琪. 改性玉米秸秆吸附处理含氨氮养猪废水[J]. 广东化工, 2011, 38(5): 159-160, 120.
- [9] 陈宜滨, 李宝霞, 陈婉妹. 改性沸石处理氨氮废水实验研究[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 2011, 39(3): 464-468.
- [10] 姜霞, 周小宁, 丁明玉, 等. 天然沸石及改性沸石去除低浓度氨氮的研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 37-42.

- [11] 李晔,王建兵,肖文浚,等.沸石去除水源中低浓度氨氮的实验研究[J].武汉理工大学学报,2003,25(2): 4-6.
- [12] Saltali K, Sari A, Aydin M. Removal of ammonium from aqueous solution by natural Turkish (Yildizeli) zeolite for environmental quality [J]. J Hazard Mater, 2007, 141(1): 258-263.
- [13] Leyva-Ramos R, Monsivais-Rocha J E, Aragon-Pina A et al. Removal of ammonium from aqueous solution by ion exchange on natural and modified chabazite [J]. J Environ Manage, 2010, 91(12): 2662-2668.

The Removal Research on Low Concentration of Ammonium-Nitrogen Wastewater by the Natural Zeolite

LI Xiao-xia¹, LIU Bing-juan², CAI He-shan¹

(1. Department of Environmental Engineering, Foshan University, Foshan Guangzhou 528000, China;

2. Department of Construction Work, Handan Polytechnic College, Handan Hebei 056001, China)

Abstract: A batch experiment was conducted to investigate the removal efficiency of ammonium-nitrogen wastewater. The results showed that the selected materials have better and more stable absorptive effect. The removal efficiency of ammonium-nitrogen wastewater was influenced by dosage, pH value, reaction time, rotate speed and grain size. The perfect removal efficiency were performed with the pH number being about 4, additive amount of 3.0 g, the diameter of zeolites being 5.0 mm and the reaction time for about 90 minutes. The highest removal efficiency of ammonium-nitrogen was up to 80%.

Key words: natural zeolite; ammonium-nitrogen; removal; wastewater

(责任编辑: 刘显亮)