

Experimental Study on Phosphorus-Containing Waste Water Treatment by Modified Fly Ash

Fanxin Qin¹, Yu Yang²

¹Guizhou Provincial Key Laboratory for Information System of Mountainous Areas and Protection of Ecological Environment, Guizhou Normal University, Guiyang Guizhou

²School of Public Health, Zunyi Medical University, Zunyi Guizhou

Email: qinfanxin@126.com

Received: Jun. 29th, 2016; accepted: Jul. 19th, 2016; published: Jul. 22nd, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the phenomenon of phosphorus exceeds the standard in the environmental water body, acid modified fly ash was used as adsorbent material for purifying waste water containing phosphorus. Effects of factors such as ash carbon ratio, static adsorption time, solution pH and other factors on the removal rate of phosphorus were studied. It was found that when the ash carbon ratio was 4:1, the static adsorption time was 2 hours, pH was in the range of 3 - 10, and the concentration of phosphorus in waste water could be reduced from 3.298 mg/L to 0.198 mg/L, and the removal rate was more than 90%. The results showed that the mixture of acid modified fly ash and activated carbon had a good effect on the removal of phosphorus from waste water.

Keywords

Modified Fly Ash, Activated Carbon, Adsorption Time, Removal of Phosphorus

改性粉煤灰处理含磷废水的试验研究

秦樊鑫¹, 杨 昱²

¹贵州师范大学, 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州 贵阳

²遵义医学院公共卫生学院, 贵州 遵义

文章引用: 秦樊鑫, 杨昱. 改性粉煤灰处理含磷废水的试验研究[J]. 水污染及处理, 2016, 4(3): 80-84.

<http://dx.doi.org/10.12677/wpt.2016.43012>

Email: qinfanxin@126.com

收稿日期: 2016年6月29日; 录用日期: 2016年7月19日; 发布日期: 2016年7月22日

摘要

针对环境水体磷超标严重的现象, 选用酸改性粉煤灰作吸附材料, 对含磷废水进行净化处理。考察了灰-炭比、静置吸附时间和溶液pH等因素对磷去除率的影响。试验发现: 当灰-炭比为4:1, 静置吸附时间为2 h, pH在3~10的范围内, 可以将废水中磷的质量浓度从3.298 mg/L降到0.198 mg/L, 去除率均超过90%以上。结果表明: 粉煤灰与活性炭混合物经酸改性后对废水中磷去除效果良好。

关键词

改性粉煤灰, 活性炭, 吸附时间, 磷去除

1. 引言

磷是水体富营养化的重要控制因素, 降低或去除水体中的磷是防治水体富营养化的有效措施, 含磷废水的处理迫在眉睫。虽然生物法和化学法处理含磷废水比较成功, 但其存在着处理成本高、易造成二次污染等问题[1]。

由于粉煤灰具有较大的比表面积和较好的吸附性能, 且价格低廉而被广泛应用于废水处理中, 但没有经过活化改性的粉煤灰, 其吸附能力是相当有限的。因此, 对粉煤灰进行物理或化学改性来提高其吸附除污能力, 已成为当前的热门课题[2]-[5]。近年来, 利用改性粉煤灰处理含磷废水已引起人们的广泛关注。杨菲菲等[6]利用金属氧化物改性粉煤灰对含磷废水的磷去除率可达到 97.96%。温秀琴[7]以氧化钙为改性材料对粉煤灰进行火法改性后, 处理含磷废水其去除率为 92%。曾春慧等[8]研究了硫酸改性粉煤灰/炉渣混合物对含磷废水的去除效果, 除磷率大于 93%。本文对粉煤灰和活性炭的混合物进行酸改性, 利用改性后的粉煤灰混合物处理含磷废水, 以期达到治理含磷废水的目的, 真正意义上实现“以废治废、变废为宝”。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

本试验所用粉煤灰采自贵州省贵阳市火力发电厂, 其成分中主要的金属氧化物含量及其它的微量重金属含量见表 1 [2]。试验所用废水为磷酸二氢钾和去离子水模拟配制而成。准确称取 14.47 mg 的磷酸二氢钾($\text{MKH}_2\text{PO}_4 = 136, M_p = 31$), 用去离子水定容至 1 L, 得到磷浓度为 3.298 mg/L 的溶液。

2.2. 试验仪器和试剂

2.2.1. 试验仪器

紫外可见分光光度计(美国瓦里安, Cary100); 电子天平(梅特勒-托利多, AL204); 振荡器(常州澳华仪器有限公司, HV-8); 电热鼓风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司, WG-43); 精密 pH 计(上海虹益仪器仪表有限公司, PHS-3C)。

2.2.2. 试验试剂

磷酸二氢钾(AR), 钼锑铵(100 ug/mL), 抗坏血酸(AR), 硫酸(8 mol/L), 浓盐酸(GR), 氢氧化钠(GR),

Table 1. Contents of major metal oxides and trace metals oxides in fly ash
表 1. 粉煤灰中主要金属氧化物和微量金属氧化物含量

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | TiO ₂ | MgO | CaO | Na ₂ O |
|------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|-------|-------|-------------------|
| 49.90% | 29.81% | 7.19% | 4.47% | 3.39% | 1.46% | 0.83% | 0.50% |
| ZnO* | Cr ₂ O ₃ * | NiO* | As ₂ O ₃ * | PbO* | CuO* | CdO* | HgO* |
| 187.50 | 111.79 | 56.89 | 205.23 | 7.70 | 17.16 | 1.02 | 0.40 |

注: *表示重金属氧化物的含量, 单位为 mg/kg。

去离子水, 活性炭。

2.3. 改性粉煤灰的制备

取 30 g 粉煤灰于烧杯中, 用去离子水淘洗 3~4 次, 用搅拌机以 100 rpm 搅拌 30 min, 沉淀, 除去上部浑浊液体。将清洗好的粉煤灰置于烘箱内, 100℃ 恒温干燥 24 h, 期间取出搅拌数次, 防止干燥结块。据文献[9]报道, 用 8 mol/L 的硫酸处理粉煤灰, 可以显著增加粉煤灰的吸附能力, 增大饱和吸附容量。故选用 8 mol/L 硫酸浸泡 24 h, 洗涤至中性, 过滤, 烘干, 即得酸改性粉煤灰。粉煤灰与活性炭的混合物改性按此法进行。

选用硫酸改性粉煤灰, 因硫酸与粉煤灰中的 SiO₂、Al₂O₃ 作用生成水和硅胶、水合 Al₂(SO₄)₃ 或硅铝凝胶。在加热的过程中, 这些物质均能脱水, 使粉煤灰的孔穴增加和扩展。同时硫酸的强氧化性又会把粉煤灰中的有机物焦化成多孔碳, 增加了粉煤灰的比表面积, 使吸附能力增强[2]。

2.4. 试验方法

按灰-水(g/mL)比为 1:100 在含磷废水中加入酸改性粉煤灰, 调节 pH 值、灰炭比、静置吸附时间, 取上层清液测定废水中磷的浓度并计算磷的去除率 η , η 的计算按下式进行:

$$\eta = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

式中 η ——去除率, %;

C_0 ——废水中磷的初始浓度, mg/L;

C ——粉煤灰吸附后废水中磷的浓度, mg/L。

3. 结果与讨论

3.1. 粉煤灰与活性炭的比例对磷去除率的影响

取六个编号为 1、2、3、4、5、6 的锥形瓶, 分别向瓶中加入 250 mL 的含磷水样。然后向六个瓶中加入粉煤灰与活性炭的比例分别是 5:0、4:1、3:2、2:3、1:4、0:5 总量共 2.5g 的灰/炭改性混合物, 摇匀, 静置吸附 2 h。取上清液, 用钼锑抗比色法测定磷浓度并求去除率, 结果如图 1。从图 1 可知, 当灰/炭比为 4:1 时, 废水中磷的去除率达到最大值 93.03%, 此时, 处理后废水中磷的浓度为: 0.198 mg/L。灰/炭混合物去除效果优于使用单一粉煤灰或单一活性炭, 故选用灰/炭比为 4:1 的改性粉煤灰作含磷废水处理剂。

3.2. 静置吸附时间对改性粉煤灰去磷效果的影响

取六个锥形瓶, 编号 1、2、3、4、5、6。按灰/水(g/mL)比为 1:100, 分别向六个瓶中加入 2.5 g 改性灰/炭(4:1)混合物及 250 ml 废水, 静置吸附不同时间后取上层清液测定废水中磷的浓度, 计算磷的去除率, 结果如图 2。从图 2 可以看出, 静置时间为 2 h 时, 磷去除率最高, 此时, 吸附后的废水中磷浓度为 0.23 mg/L,

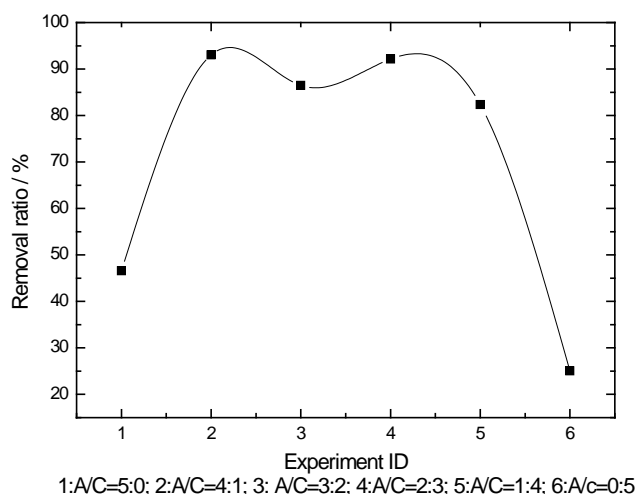


Figure 1. Effect of ratio of fly ash and activated carbon on removal ratio of phosphorus

图 1. 粉煤灰与活性炭的比例去磷效果的影响

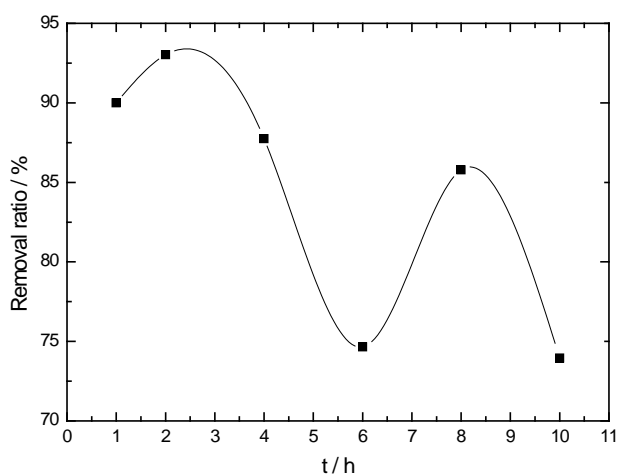


Figure 2. Effect of static adsorption time on removal ratio of phosphorus

图 2. 静置吸附时间对磷去除率的影响

达到了国家城镇污水处理厂污染物排放一级标准规定的 0.5 mg/L , 超过 4 h 后, 废水中的磷浓度增高, 去磷率下降。故在本试验中选取静置吸附时间为 2 h。

3.3. 溶液 pH 值对改性粉煤灰去磷效果的影响

按灰/水(g/mL)为 1:100 在相同体积的废水中加入相同质量的灰/炭(4:1)改性混合物, 用盐酸和氢氧化钠调节 pH 值, 搅拌均匀后静置 2 h, 取上层清液测定废水中磷的质量浓度, 计算去除率, 结果如图 3。从图 3 可知: 在 pH 为 3~10 的范围内, 改性后的灰/炭混合物对废水中磷的去除均在 90% 以上。表明 pH 值对粉煤灰去磷效果的影响较小, 即: 含磷废水可以在较宽的 pH 值范围内直接用改性粉煤灰进行脱磷处理, 这有利于降低处理成本和简化工艺步骤。改性粉煤灰对于废水中磷的去除率由吸附和沉淀两种因素决定。由于废水中的磷多以磷酸根的形式存在, 在酸性条件下, 改性后的粉煤灰表面带有大量的正电荷, 可以与废水中的磷酸根结合, 从而使废水中的磷含量降低; 在碱性条件下, 磷酸盐可与粉煤灰中的

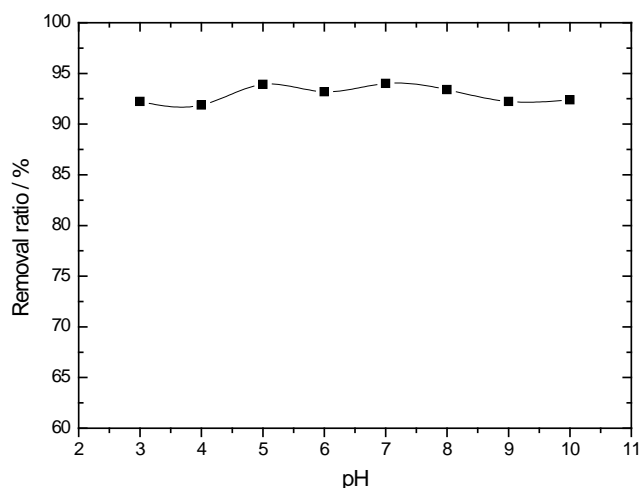


Figure 3. Effect of pH value of system on removal ratio of phosphorus

图 3. 体系 pH 值对去磷效果的影响

钙离子结合生成沉淀，从而去除废水中的磷。因此，在 pH 较宽的范围内对磷均有很好的去除效果。

4. 结论

本试验基于粉煤灰的理化性质及其在废水处理中应用的基础上，考察了灰/炭比、静置吸附时间和体系 pH 值，为处理含磷废水提供了应用参考。

1) 当灰/炭比为 4:1 时，其去磷效果优于单一使用改性粉煤灰或活性炭。

2) 用酸改性粉煤灰对含磷废水进行处理，当灰水比(g/ml)为 1:100、静置吸附时间为 2 h、pH 在 3~10 范围内，废水中磷可从 3.298 mg/L 降到 0.198 mg/L，去除率均超过 90%，达到国家城镇污水处理厂污染物排放一级标准规定的 0.5 mg/L。

基金项目

国家自然科学基金(21467005)。

参考文献 (References)

- [1] 杨林锋, 易芳. 粉煤灰去除废水中磷的研究进展[J]. 科技视界, 2012(30): 356-357.
- [2] 朱静, 吴丰昌. 改性粉煤灰在处理铈矿选矿废水中的应用[J]. 环境科学学报, 2010, 30(2): 361-367.
- [3] 宋丽, 杨清, 李颖颖, 等. 改性粉煤灰对垃圾渗滤液中氨氮的吸附影响[J]. Water Pollution & Treatment, 2015(3): 37-45.
- [4] 贾艳萍, 姜修平, 姜成, 等. 改性粉煤灰的制备及其在含磷废水处理中的应用进展[J]. 硅酸盐通报, 2015, 34(7): 1921-1925.
- [5] 郑艳梅, 陈喜. 改性粉煤灰对滇池大观楼水体中氮、磷吸附效果的研究[J]. 环境科学导刊, 2015, 34(4): 65-71.
- [6] 杨菲菲, 王铮, 赵鹏飞, 等. 金属氧化物改性粉煤灰处理含磷废水的研究[J]. 辽宁化工, 2016, 45(4): 421-424.
- [7] 温秀芹. 火法改性粉煤灰对含磷废水吸附性能的研究[J]. 广东化工, 2015, 42(3): 59-60.
- [8] 曾春慧, 王崑, 王冬, 等. 硫酸改性粉煤灰/炉渣混合物处理含磷废水的工艺研究[J]. 东北电力大学学报, 2015, 35(2): 69-72.
- [9] 靳朋勃. 粉煤灰沸石化及其处理废水的试验研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2007.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>