

污泥基磁性活性炭对 Cu (II) 吸附效果探究

岳 阳¹ 曾雅美¹ 董晓赞¹ 张根柱² 俞 强¹ 通讯作者

(1. 华北理工大学化学工程学院, 河北 唐山 063210)

(2. 唐山市曹妃甸区农业农村局, 河北 唐山 063210)

摘 要: 利用污水处理厂污泥为主要原料制备的磁性污泥活性炭对 Cu (II) 进行吸附实验, 通过活性炭投加量、吸附时间、初始浓度、pH 四个因素探究他们对 Cu (II) 吸附效果的影响, 并探究其吸附机理。实验结果表明: 活性炭投加量为 0.4g, 吸附时间为 60min, 初始浓度为 50mg/L, pH 为 5 时最佳。此时去除率为 97.75%, 吸附量为 12.47mg/g。

关键词: 污泥基磁性活性炭; 吸附; Cu (II); 最佳条件

0 引言

伴随我国工业的不断发展, 生产规模的逐渐扩大, 工业废水量逐年增加, 使得污水处理厂高负荷运行, 污泥产量也随之增加^[1]。污泥本身含有大量有毒有害物质, 后续处理利用若不当会对环境带来极大危害^[2-3]。由于污泥中的大量碳质有机物的成分, 可以将其作为制备活性炭的原材料。其中, 掺杂四氧化三铁制备的磁性活性炭具有易分离、可吸附再生的优势^[4], 给后续的处理带来了方便。

含铜废水是常见的工业废水之一, 许多工业生产过程中会大量产生, 主要来源于化工、印染、电镀、有色冶炼、有色金属矿山开采、电子材料漂洗废水、染料生产等过程, 它的产生会给人类的生活环境带来极大的危害。世界各国都高度关注和重视含铜废水的治理与研究。目前, 去除废水中 Cu (II) 的方法主要包括沉淀法、吸附法、离子交换法、萃取法、电解法等^[5]。其中, 沉淀法和吸附法因其操作过程和成本费用的优势而被广泛采用^[6]。

本课题采用污水处理厂污泥为原料, 以纳米四氧化三铁为磁性物质制备磁性活性炭, 利用单因素实验法, 探究其对 Cu (II) 的最优吸附条件。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

本实验的污泥来自河北省唐山市南堡污水处理厂的脱水后污泥。无水硫酸铜、盐酸羟胺、乙酸、乙酸钠、2,9-二甲基-1,10-菲罗啉、硫酸、柠檬酸钠、纳米四氧化三铁, 所有化学试剂均为分析纯级, 所有用水均为蒸馏水。

WBNM-2 微波材料科学工作站, 唐山任式巨源微波仪器有限公司; UV-1900i 紫外可见分光光度计, 岛津; 2011F145-11 电子天平, 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; BGZ-76 电热鼓风干燥箱, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; pH-100 笔式酸度计, 上海力辰邦西仪器科技有限公司; 800C 多功能粉碎机, 永康市红太阳机电有限公司; THZ-98C 恒温震荡箱, 上海一恒科学

仪器有限公司; 200 目标准筛, 浙江上虞市星星仪器有限公司。

1.2 污泥基磁性活性炭的制备

基于李佳欣^[7]对于污泥基磁性活性炭制备条件的研究, 本次实验选取 KOH 为活化剂, 纳米四氧化三铁为磁性物质, 微波功率为 1000W, 微波时间 10min, 磁性物质比例 10%, 活化剂质量浓度 30%。

1.3 吸附实验设计

用 CuSO₄ · 5H₂O 模拟含 Cu (II) 废水。在室温下, 称取一定量的磁性活性炭, 加入含铜废水后放入恒温震荡箱内震荡用于模拟吸附过程。吸附完后的样液采用邻菲罗啉分光光度法测定其中的铜含量。根据影响因素的改变进行多组实验。Cu (II) 去除率采用此方程计算。

$$\eta = \frac{C_0 - C}{C} \times 100\%$$

$$q = \frac{(C_0 - C)V}{m}$$

式中:

η 为 Cu (II) 去除率 (%);

q 为 Cu (II) 吸附量 (mg/g);

C_0 为 Cu (II) 原液浓度 (mg/L);

C 为吸附后 Cu (II) 浓度 (mg/L);

m 为投加活性炭的质量 (g);

V 为 Cu (II) 液的体积 (L)。

2 实验结果及分析

2.1 活性炭投加量对 Cu (II) 去除的影响

为讨论活性炭投加量对 Cu (II) 吸附的影响, 实验中设置 Cu (II) 初始浓度为 50mg/L, pH 设置为 5, 吸附时间为 60min, 考察活性炭投加量对去除 Cu (II) 的影响, 结果见图 1。

当污泥基磁性活性炭的投加量增多时, 活性炭对 Cu (II) 的去除率先快速升高后逐渐持平。活性炭投加量从 0.1g 增加到 0.4g 时, 去除率由 24.21% 增加至 84.20%, 后随活性炭投加量的增加, 其去除率增长较小。活性炭吸附量则随活性炭投加量的增加逐渐变小, 吸附

量最大值为 41.74mg/g, 最小值为 4.88mg/g。

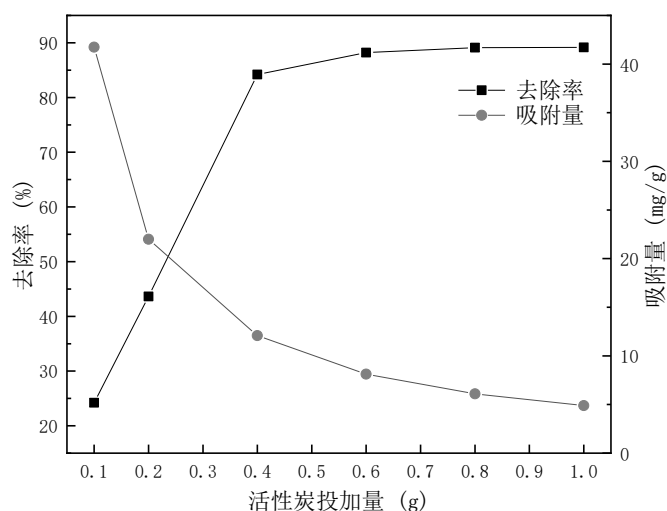


图1 活性炭投加量对 Cu (II) 去除率的影响

当溶液中 Cu (II) 浓度一定时, 较多的活性炭可提供较多的活性吸附点位, 达到更好的吸附效果, 但是单位质量的活性炭吸附量减少。后随活性炭投加量的增加, 吸附逐渐饱和, 所以其去除率趋于平稳。此结果与赵银^[8]、徐龙君^[9]等人探究活性炭投加量对吸附效果的影响结果类似。当投加量大于 0.4g 时, Cu (II) 去除率变化不大, 因此选择最优活性炭投加量为 0.4g。

2.2 吸附时间对 Cu (II) 去除的影响

为讨论吸附时间对 Cu (II) 吸附的影响, 实验中设置 Cu (II) 初始浓度为 50mg/L, 活性炭投加量为 0.4g, pH 设置为 5, 考察吸附时间对活性炭去除 Cu (II) 的影响, 结果见图 2。

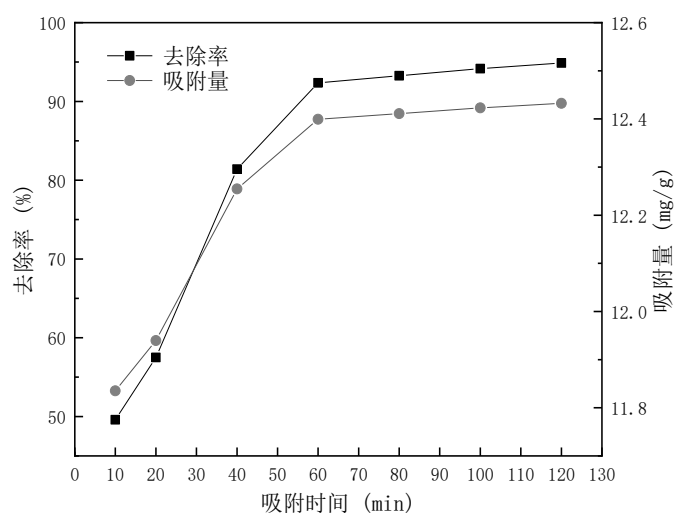


图2 吸附时间对 Cu (II) 去除率的影响

当污泥基磁性活性炭对 Cu (II) 的去除率随吸附时间的延长而增高。当震荡时间从 10min 增加到 60min 的过程中, 其去除率从 49.59% 增加到 92.36%。60min 后时间再增加, 去除率的变化很小。吸附量的变化趋势与

去除率相同。

活性炭的吸附去除过程可分为三个阶段: 迅速阶段、缓慢阶段和吸附平衡阶段。在吸附初期, 活性炭表面吸附点位较多, 故吸附率、吸附量增加较为明显。吸附时间超过 60min 后, 活性炭表面的吸附点被占, Cu (II) 向吸附剂内部孔隙扩散, 扩散阻力逐渐变大, 从而整体去除率、吸附量基本不变^[10]。孙中恩^[11]等人探究磁性污泥活性炭吸附时间对于吸附去除水中重金属的影响时, 所呈现出的趋势与此相似。吸附时间大于 60min 后, Cu (II) 去除率变化不大, 因此选择最优吸附时间为 60min。

2.3 初始浓度对 Cu (II) 去除的影响

为讨论含铜废水初始浓度对 Cu (II) 吸附的影响, 实验中设置吸附时间为 60min, 活性炭投加量为 0.4g, pH 设置为 5, 考察溶液初始浓度对活性炭去除 Cu (II) 的影响, 结果见图 3。

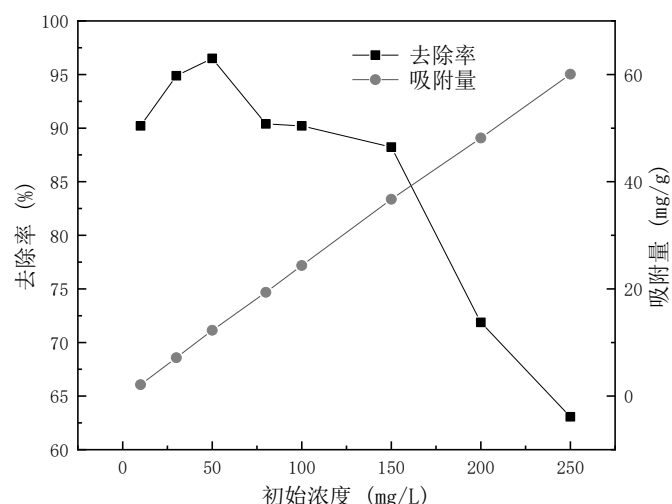


图3 初始浓度对 Cu (II) 去除率的影响

随着 Cu (II) 初始浓度由 10mg/L 增至 250mg/L, 吸附量由 2.14mg/L 增至 60.07mg/L。去除率则在初始浓度为 50mg/L 时达到最高后随初始浓度的增加下降, 最高为 96.50%。

随着初始浓度的增加, 溶液中 Cu (II) 的数目增多, 传质驱动力增加, 故活性炭单位吸附量逐渐增加^[12-13]。但是由于活性炭加入量为定值, 吸附的活性位点有限, 当 Cu (II) 增加到一定程度后, 去除率随初始浓度的增加减少。邵义^[14]、赵佐平^[15]等人探究含铜废水初始浓度对 Cu (II) 去除率的影响时也呈现此类似的规律。

2.4 pH 对 Cu (II) 去除的影响

为讨论含铜废水溶液 pH 值对 Cu (II) 吸附的影响, 实验中设置吸附时间为 60min, 活性炭投加量为 0.4g, 初始浓度为 50mg/L, 考察溶液 pH 值对活性炭去除 Cu (II) 的影响, 结果见图 4。

当溶液 pH 为 3 时, 其去除率为 97.03%。当溶液

pH 为 5 时, 其去除率为 97.75%。在较低的 pH 条件下, 活性炭表面的活性基团会被 H_3O^+ 占据, 从而阻碍其对 $\text{Cu}(\text{II})$ 的吸附。随 pH 升高, 活性炭表面官能团质子化, 表面电势密度降低, $\text{Cu}(\text{II})$ 与活性炭表面的静电斥力减少, 活性炭上负电势点增多, 从而有利于 $\text{Cu}(\text{II})$ 的吸附^[16-17]。

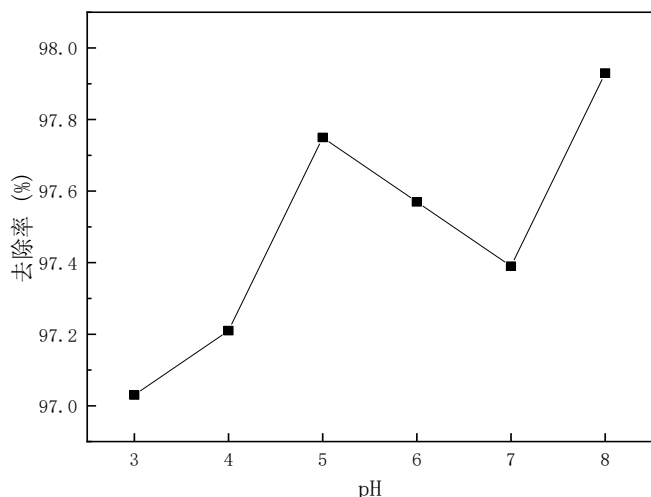


图 4 pH 对 $\text{Cu}(\text{II})$ 去除率的影响

pH 增至 7 时, $\text{Cu}(\text{II})$ 的去除率下降, 此时溶液中生成部分絮状沉淀, 堵塞活性炭小孔, 阻碍了其对 $\text{Cu}(\text{II})$ 的吸附^[18]。但当 $\text{pH} > 7$ 时, $\text{Cu}(\text{II})$ 的去除率增大, 究其原因, 在碱性条件下, $\text{Cu}(\text{II})$ 大部分以 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀的形式析出, 溶液中 $\text{Cu}(\text{II})$ 含量减少, 所以 $\text{Cu}(\text{II})$ 的去除率呈现上升的趋势, 此时溶液中 $\text{Cu}(\text{II})$ 的去除是吸附和沉淀共同作用的结果。严铁尉^[19]、柯玉娟^[20]等人探究 pH 对 $\text{Cu}(\text{II})$ 吸附影响因素时呈现与此类似的规律。当 pH 过高时, 金属离子形成沉淀, 不利于金属离子和吸附剂的回收再利用, 调节过高 pH 也不够经济^[21], 因此, 最优 pH 为 5。

3 结论

利用单因素法得到污泥基磁性活性炭对 $\text{Cu}(\text{II})$ 吸附的最适宜条件为: 活性炭投加量为 0.4g, 吸附时间为 60min, 初始浓度为 50mg/L, pH 为 5。最优条件下的 $\text{Cu}(\text{II})$ 吸附率为 97.75%, 吸附量为 12.46mg/g。实验结果表明, 污泥基磁性活性炭对 $\text{Cu}(\text{II})$ 有较好的吸附效果。

参考文献:

- [1] 邓玉梅, 杨楚慧, 余东辉, 等. 剩余污泥制备活性炭吸附剂及其吸附性能研究 [J]. 湖南城市学院学报 (自然科学版), 2017, 26(03): 70-73.
- [2] 余武高, 安城, 周小根, 等. 城市污泥利用技术分析探讨 [J]. 能源研究与管理, 2018(02): 49-52.
- [3] 刘亚纳, 周鸣, 汤红妍, 等. 亚甲基蓝在污泥活性炭上的吸附 [J]. 环境工程学报, 2012, 6(07): 2339-2344.
- [4] Ying Lv, Zhang Jingyi, Asgodom Michael-Engda, et al.

Study on the degradation of accumulated bisphenol S and regeneration of magnetic sludge-derived biochar upon microwave irradiation in the presence of hydrogen peroxide for application in integrated process [J]. Bioresource Technology, 2019, 29(31): 220.

- [5] 乐南平, 彭炯, 罗飞, 等. 含铜废液的回收工艺综述 [J]. 广东化工, 2020, 47(10): 81-82.
- [6] 廖颖敏, 甘蕊. 磁性生物炭对二价重金属离子吸附性能的研究进展 [J]. 化工技术与开发, 2020, 49(07): 75-81.
- [7] 李佳欣. 微波法制备污泥基磁性活性炭及性能研究 [D]. 唐山: 华北理工大学, 2020.
- [8] 赵银, 令狐文生. 活性炭吸附去除废水中铬 (VI) 的研究 [J]. 河南化工, 2020, 37(12): 14-17.
- [9] 徐龙君, 刘科, 张福凯. 磁性活性炭处理含铜废水 [J]. 环境工程学报, 2012, 6(09): 3121-3124.
- [10] 李明. 木质素基活性炭对水中重金属离子吸附的研究 [D]. 南京: 东南大学, 2018.
- [11] 孙中恩, 唐翔, 封莉, 等. 磁性污泥活性炭吸附去除水中重金属的研究 [C]// 中国化学会, 2016.
- [12] Frantseska-Maria Peller, Giannis Apostolos, Kalderis Dimitrios, et al. Adsorption of $\text{Cu}(\text{II})$ ions from aqueous solutions on biochars prepared from agricultural by-products [J]. Journal of Environmental Management, 2012, 96(1): 35-42.
- [13] 郝梦获, 何应春, 张旺全, 等. 山竹果壳活性炭的制备及其对 $\text{Cu}(\text{II})$ 离子吸附性能研究 [J]. 广州化工, 2020, 48(09): 87-91.
- [14] 邵义. 果壳型活性炭吸附剂对环境废水中铜离子吸附效率的研究 [J]. 干旱环境监测, 2019, 33(03): 134-139.
- [15] 赵佐平, 屈凯静, 李琛, 等. 壳聚糖活性污泥复合吸附剂对含铜、铬废水的处理 [J]. 电镀与涂饰, 2020, 39(15): 1034-1040.
- [16] 陈丽萍, 司秀荣, 李凌云. 磷酸活化活性炭对 Cu^{2+} 的吸附特征研究 [J]. 生态环境学报, 2011, 20(02): 353-358.
- [17] 万祥云, 朱泮民. 颗粒状污泥活性炭流化床吸附处理含铜矿山废水 [J]. 化工环保, 2013, 33(04): 312-315.
- [18] 王萌, 罗运柏, 于萍. 壳聚糖改性活性炭纤维毡处理含铜废水的研究 [J]. 工业水处理, 2019, 39(02): 62-66.
- [19] 严铁尉, 李红艳, 崔建国, 等. 废菌渣活性炭对苯酚和铜离子的吸附性能分析 [J]. 华侨大学学报 (自然科学版), 2021, 42(02): 207-213.
- [20] 柯玉娟. 污泥活性炭的制备、表征及其对 $\text{Cr}(\text{VI})$ 、 $\text{Cu}(\text{II})$ 的吸附研究 [D]. 上海: 东华大学, 2009.
- [21] 梁霞, 王学江, 宁雪, 等. 污泥基活性炭吸附 Cu^{2+} 的应用研究 [J]. 环境工程学报, 2012, 6(01): 109-114.

作者简介:

岳阳 (1999-), 男, 汉族, 湖北黄石人, 本科, 研究方向: 三废处理与综合利用。