

粉末状骨炭用于饮用水除氟的试验研究

王 鼎

(阿尔伯塔大学市政与环境工程系 阿尔伯塔 埃德蒙顿 Canada T6G 2W2)

摘要 对粉末状骨炭的除氟性能进行了多组试验研究,结果表明:粉末状骨炭的吸附容量与原水中氟离子的浓度呈线性关系,吸附等温式符合 Freundlich 公式。骨炭吸附容量受骨炭粒径、pH 值、水温及水中其他离子的影响,骨炭粒径还会影响吸附反应的速度。骨炭采用 5% 的 NaOH 溶液再生,再生效果良好。

关键词 粉末状骨炭;饮用水;除氟;吸附容量;再生

中图分类号:TU991.26+6 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2008)01-0063-02

Experimental study on the removal of fluorine in drinking water by powder bone black

WANG Ding

(The Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton Alberta Canada T6G 2W2)

Abstract The removal efficiency of fluorine by powder bone black was studied by several experiments. It is concluded that the adsorption capacity of powder bone black is linear with the concentration of fluorine in raw water, and the adsorption isothermal formula accords with the Freundlich formula. The adsorption capacity of powder bone black is affected by the particle size of bone black, pH, water temperature and other ions, and the particle size of bone black can also affect the adsorption speed. The bone black would be regenerated by NaOH solution of 5% with high efficiency.

Key words powder bone black; drinking water; fluorine removal; adsorption capacity; regeneration

氟是人体必需的有益元素,但又是毒性元素之一,人体摄入的超过 60% 的氟来自于饮用水^[1]。过量的氟可抑制人体内的酶化过程,破坏人体正常的钙、磷代谢,使钙从正常组织中沉积并造成血钙减少^[2],可能引起骨膜增生及生成骨刺等病变,形成氟骨症、工业性氟病等^[2]。我国生活饮用水卫生标准规定:饮用水中氟质量浓度不应高于 1.0 mg/L^[3]。随着我国工业的发展,排氟量越来越大,直接或间接地污染了饮用水。根据最近的调查结果,全国农村饮用高氟水(氟质量浓度大于 1.5 mg/L)人口为 5 085 万人^[4],因此研究和运用饮用水除氟的工艺与技术意义重大。

骨炭作为饮用水除氟剂,已经在国内外得到了大量的研究与应用^[5-6]。骨炭对原水的适应范围宽,工作能耗小,运行费用低,再生容易,很适合农村应

用。由于骨炭粒径较小,将增大吸附柱水头损失,用粉末状骨炭作吸附柱除氟不太现实。若把粉末状骨炭吸附与微滤膜结合,将可能有很大的发展前景。

1 水浓度、平衡浓度对骨炭吸附容量的影响

试验表明,骨炭的吸附容量与原水氟浓度呈线性关系,原水浓度越高,吸附容量越大。骨炭的吸附等温式符合 Freundlich 公式,见图 1。

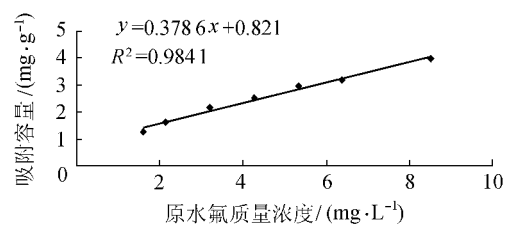


图 1 吸附容量与原水氟质量浓度的关系

在骨炭吸附前测得原水 pH 值为 6.57 ,原水接近中性。吸附后 pH 值与平衡浓度的关系见图 2。

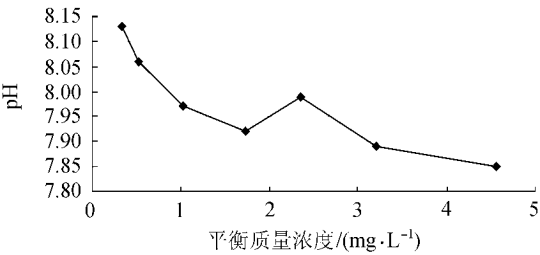


图 2 骨炭吸附后 pH 值的变化

骨炭吸附后 ,水中 pH 值比吸附前原水 pH 值高 ,但吸附后 pH 值与平衡浓度没有显著的关系。

2 粉末骨炭与粒状骨炭吸附容量的比较

试验得到粒状骨炭吸附等温式为

$$q_e = 1.5901 C_e^{\frac{1}{0.8670}}$$

试验结果表明 ,粉末骨炭比粒状骨炭吸附容量大 ,见图 3。

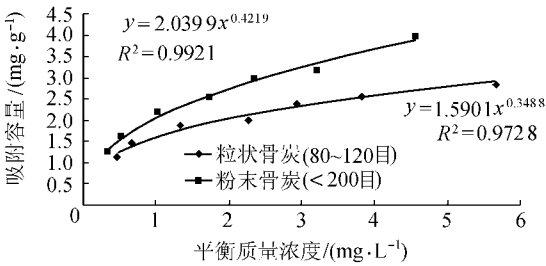


图 3 粒状骨炭与粉末骨炭的吸附等温线

3 水中常见离子对骨炭吸附效果的影响

配制 250 mL 质量浓度为 4.00 mg/L 的 NaF 溶液若干瓶 ,加入骨炭 0.750 g (粒径 < 200 目) 。分别加入 CaCl₂、Na₃PO₄、NaNO₃、Na₂SO₄ 和 MgCl₂ ,使溶液中 Ca²⁺、Mg²⁺、NO₃⁻、PO₄³⁻ 和 SO₄²⁻ 达到建设部城市供水水质标准的上限值进行试验 ,并作空白实验。试验表明 ,水中 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 对水中氟离子的去除起到促进作用 ;NO₃⁻ 离子对骨炭吸附稍有影响 ,但不显著 ;PO₄³⁻ 和 SO₄²⁻ 会极大影响除氟效果。

4 pH 值对骨炭吸附容量的影响

试验结果表明 ,骨炭的吸附容量随 pH 值增高而降低 ,但 pH 值在 5 ~ 8 范围内 ,pH 值对骨炭吸附的影响较小(图 4) 。饮用水原水 pH 值一般都在这个范围内 ,所以在实际应用中 ,pH 值不会对骨炭用于饮用水除氟工艺造成较大的影响。

5 吸附时间对骨炭吸附容量的影响

试验表明 ,粒状骨炭吸附速度较慢 ,反应达到吸附平衡大约需要 90min。重复试验 2 次 ,分别投加

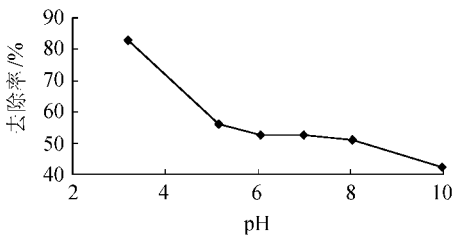


图 4 pH 值对骨炭吸附容量的影响

未用水润湿和先用超纯水润湿的粉末骨炭(粒径 < 200 目)进行试验 ,结果表明 :粒状骨炭的反应速度比粉末骨炭慢 ,润湿后的骨炭达到吸附平衡的时间比未润湿的要短(图 5) 。

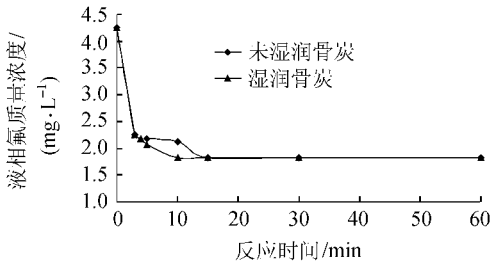


图 5 粉末骨炭未润湿与湿润后吸附时间对比

6 不同温度对骨炭吸附效果的影响

将摇床的温度先后设为 35℃ 和 45℃ 进行试验 ,并作 35℃ 和 45℃ 吸附等温线 ,与 25℃ 吸附等温线比较 ,结果表明 ,温度升高 ,骨炭吸附容量增大(图 6) 。

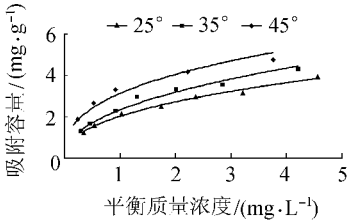


图 6 不同温度的骨炭吸附容量

7 骨炭动态再生试验

为了研究骨炭的再生效果 ,用质量分数为 5% 的 NaOH 作骨炭再生剂进行动态试验 ,再生后骨炭的总吸附容量与原吸附容量的比值达 97% ,骨炭再生效果理想。骨炭再生前后的穿透曲线对比见图 7。

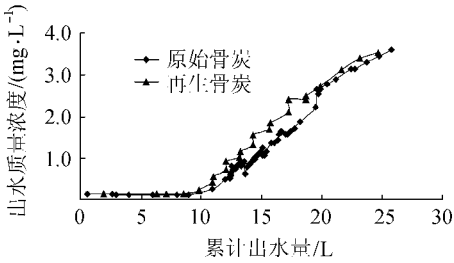


图 7 骨炭再生前后穿透曲线对比

(下转第 68 页)

$S_0e^{-0.3031t}$ 和 $V = 0.286 \frac{S}{8026 + S}$ 基本描述了乳制品生产废水预酸化和厌氧处理降解过程,反映了有机物的降解规律,为乳制品废水处理工程设计提供了参考,对此类废水处理装置的设计和运行有一定的指导意义。但该模型是采用模拟废水在实验室条件下得到的,在具体乳品废水中因含有消毒剂及其他洗涤物质,该模型的应用可能具有一定的局限性,因此还需进一步研究。

3 结 论

a. 采用预酸化-厌氧工艺处理乳制品生产废水具有良好的效果,其中预酸化可降解大量有机物,同时提高了废水的生化性;废水经厌氧处理, $t = 24\text{ h}$ 时 COD 去除率达 88.9%,运行效果稳定。

b. 采用一级反应动力学方程和 Monod 方程分别对预酸化和厌氧处理过程进行描述,利用 Matlab 软件对方程求解,得动力学模型分别为 $S = S_0e^{-0.3031t}$ 和 $V = 0.286 \frac{S}{8026 + S}$,相关系数 $R = 0.8450$ 和 $R = 0.8258$ 。

c. 模型 $S = S_0e^{-0.3031t}$ 和 $V = 0.286 \frac{S}{8026 + S}$ 基本描述了乳制品生产废水预酸化和厌氧处理降解过程,反映有机物的降解规律,为乳制品废水处理工程设计提供了参考,对此类废水处理装置的设计和运行有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 陈元彩,陈中毫,詹怀宇,等.漂白废水的厌氧与好氧生物降解动力学[J].华南理工大学学报,2002,30(2): 87-90.

[2] PERLE M ,KIMCHIE S ,SHELEF G. Somebiochemical aspects of the anaerobic degradation of dairy wastewater[J]. Water Res ,1995 ,29 :1549-1554.

[3] KASAPGIL B ,ANDERSON G K ,INCE O. An investigation into the pretreatment of dairy wastewater prior to aerobic biological treatment[J]. Water Sci Technol ,1994 ,29 :205-212.

[4] 胡纪萃,周孟津,左剑恶,等.废水厌氧生物处理理论与技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.

[5] 顾夏声.废水生物处理数学模式[M].北京:清华大学出版社,1983.

[6] RAMSAY I R ,PULLAMMANAPPALLIL P C. Protein degradation during anaerobic wastewater treatment[J]. Biodegradation ,2001 ,12 :247-257.

[7] TOMMASSO G ,RIBEIRO R ,VARESCHE M B A ,et al. Influence of multiple substrates on anaerobic protein degradation in a packed-bed bioreactor[J]. Water Sci Technol ,2003 ,48 :23-31.

[8] GALLERT C ,BAUER S ,WINTER J. Effect of ammonia on the anaerobic degradation of protein by a mesophilic and thermophilic biowaste population [J]. Appl Microbiol Biotechnol ,1998 ,50 :495-501.

[9] 刘敏,任南琪,李鹏,等.牛奶废水厌氧水解酸化试验研究[J].哈尔滨工业大学学报,2004 ,36(3) 331-333.

[10] KOMATSU T ,HANAKI K ,MATSUO T. Prevention of lipid inhibition in anaerobic processes by introducing a twophase system[J]. Water Sci Technol ,1991 ,23 :1189-1200.

[11] ALVES M M ,Alvares Pereira R M ,Mota Vieira J A ,et al. Effect of lipids on biomass development in anaerobic fixed-bed reactors treating a synthetic dairy waste[C]//Proceedings of the international symposium of environmental technology , 1997 :521-524.

(收稿日期 2006-09-18 编辑:傅伟群)

+++++

(上接第 64 页)

致谢:感谢指导教师顾平和师兄李晓波对本文实验研究给予的指导和帮助。

参考文献:

[1] NIGAMANANDA D ,PRAGYAN P ,RITA D. Defluoridation of drinking water using activated titanium rich bauxite[J]. Journal of Colloid and Interface Science ,2005 ,293(1):1-10.

[2] 张强国,谢果.氟危害及重庆氟污染的对策[J].重庆科技学院学报:自然科学版,2005 ,3(4):17-27.

[3] GB 5749—85,中华人民共和国生活饮用水卫生标准[S].

[4] 水利部,国家发展与改革委员会,卫生部.全国农村饮水安全工程“十一五”规划[R].2006.

[5] MJENGERA H ,MKONGO G. Appropriate defluoridation technology for use in flouritic areas in Tanzania[J]. Physics and Chemistry of the Earth ,2003 ,28 :1097-1104.

[6] 王涌.饮用水骨炭除氟机理的研究[J].广州大学学报:自然科学版,2003 ,3(5):423-426.

[7] 王云波,谭万春,王晓昌.沸石、骨炭、活性氧化铝除氟效果研究[J].西安建筑科技大学学报,2002 ,34(2):325-328.

(收稿日期 2006-12-20 编辑:傅伟群)