

焙烧层状氢氧化镁铝对水溶液中亚硝酸盐的吸附脱除*

邢 坤 王海增**

(中国海洋大学化学化工学院, 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛, 266100)

摘 要 通过静态吸附实验, 研究了焙烧层状氢氧化镁铝 ($Mg-Al-CLDH$) 对水溶液中 NO_2^- 的吸附脱除性能, 并用粉末 X 射线衍射对 $Mg-Al-CLDH$ 吸附前后的结构进行了表征. 结果表明, $Mg-Al-CLDH$ 可有效脱除水溶液中的亚硝酸盐 (NO_2^-), 对 NO_2^- 的脱除是通过“结构记忆”效应实现的. 当 NO_2^- 初始浓度高达 $15 \text{ mgN} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 经 $0.10 \text{ g } Mg-Al-CLDH$ 处理后, 溶液中残余浓度小于 $1 \text{ mgN} \cdot \text{L}^{-1}$. 在 $293-323 \text{ K}$ 温度范围内, NO_2^- 在 $Mg-Al-CLDH$ 上的饱和吸附量为 $17.24-29.94 \text{ mgN} \cdot \text{g}^{-1}$, 吸附量明显高于其它吸附剂; 吸附量随温度的升高而增大, 表现为吸热吸附; 吸附过程符合 Langmuir 线性等温方程式. 吸附速率随温度的升高而迅速增大, 伪二级动力学方程可用来描述其吸附动力学过程; 吸附 E_a 为 $109.94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $Mg-Al-CLDH$ 对 NO_2^- 的吸附主要是化学吸附. $Mg-Al-CLDH$ 对 NO_2^- 的脱除率基本不受溶液初始 pH 值的影响, 吸附量随离子强度的增大而减小. 正交实验结果显示溶液初始浓度是影响吸附量的最主要因素.

关键词 层状氢氧化镁铝, 亚硝酸盐, 吸附.

目前, 处理亚硝酸盐的主要方法包括化学氧化法、生物硝化反硝化法、吸附法等, 其中吸附法因其操作简单、效果好、吸附剂种类多等优点而备受关注. 层状金属氢氧化物 (LDHs) 是一种新型高效阴离子吸附剂, 在污水治理中展现了良好的应用前景^[1-3].

本文利用层状氢氧化镁铝 ($Mg-Al-LDH$), 研究了其焙烧产物 ($Mg-Al-CLDH$) 对水溶液中亚硝酸盐的脱除性能, 以期为水体中亚硝酸盐的治理提供实验基础.

1 实验部分

1.1 层状氢氧化镁铝的制备及表征

在水热条件下制备粉末状碳酸型 $Mg-Al-LDH$ ($Mg_3Al_2(OH)_6(CO_3) \cdot 4H_2O$), 样品的平均粒径为 $11.1 \mu\text{m}$, 比表面积和孔容分别为 $81.4 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $0.47 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$. 873 K 下焙烧 3 h 得到 $Mg-Al-CLDH$. $Mg-Al-CLDH$ 吸附 NO_2^- 后记为 $Mg-Al-IRLDH$.

用 D8ADVANCE 型多晶 X 射线衍射仪测定 $Mg-Al-CLDH$ 吸附前后的结构变化 (电压 40 kV , 电流 90 mA , Cu 靶 K_α).

1.2 吸附动力学

在 $298-323 \text{ K}$ 下, 用 $0.10 \text{ g } Mg-Al-CLDH$ 吸附 50 mL 浓度为 $25 \text{ mgN} \cdot \text{L}^{-1}$ 的亚硝酸钠溶液, 在恒温水浴中振荡一定时间后, 真空抽滤分离, 取上层清液, 采用分光光度法, 测定 NO_2^- 的残留浓度, 按方程 (1) 和方程 (2) 计算不同时间下 $Mg-Al-CLDH$ 对 NO_2^- 的吸附量和脱除率. 每组实验做 3 个平行样, 取平均值.

$$Q_e = (C_0 - C_e) V / m \quad (1)$$

$$R = (C_0 - C_e) / C_0 \quad (2)$$

式中, C_0 为溶液中亚硝酸氮的初始浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; C_e 为吸附平衡时亚硝酸氮的残余浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; Q_e 为平衡吸附量, $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; V 为溶液的体积, L ; m 为 $Mg-Al-CLDH$ 质量, g ; R 为脱除率, %.

2 结果与讨论

2.1 XRD 结构表征

2008 年 6 月 16 日收稿.

* 国家自然科学基金 (20477041); 国家支撑计划课题 (2006BA03A11-1) 资助. ** 责任作者, haizwang@ouc.edu.cn

Mg-Al LDH, Mg-Al CLDH 和 Mg-Al RLDH 的 X 射线衍射分析结果如图 1 所示。由图 1 可以看出, Mg-Al LDH 的主要衍射峰尖而窄且对称, 基线平稳, 说明 Mg-Al LDH 产物的纯度与结晶度高, 低角度的 d_{003} (0.775 nm) 和 d_{006} (0.387 nm) 晶面衍射峰表现出明显的层状结构特征; 由 Mg-Al CLDH 的 XRD 谱图可以看出, Mg-Al LDH 的层状特征衍射峰均消失, 表明经 873 K 焙烧 3 h 后层状结构已被完全破坏, 表现出镁铝复合金属氧化物的特征衍射峰; 而在 Mg-Al RLDH 图谱中, 层状氢氧化物的 d_{003} (0.782 nm) 和 d_{006} (0.390 nm) 特征衍射峰重新出现, 其原有的层状结构恢复, 说明 Mg-Al CLDH 对溶液中 NO_2^- 的脱除主要是通过“结构记忆”效应^[4]实现的。由 d_{003} 峰值的大小可知, Mg-Al RLDH 的层间距比 Mg-Al LDH 大, 进一步证明了层间 NO_2^- 的存在, 体现了“结构记忆”效应。Mg-Al RLDH 中峰形的变宽和峰强度的降低, 说明其结晶度下降。

2.2 吸附动力学

图 2 是不同温度下的 Mg-Al CLDH 对 NO_2^- 的脱除率随时间的变化情况。图 2 表明, 吸附初始阶段, 吸附速度非常快, 脱除率呈直线上升, 在 298 K 下, 吸附 14 h 可脱除 80% 的 NO_2^- ; 随着时间的延长, 吸附逐渐达到平衡, 本文取 16 h 作为 298 K 下的吸附平衡时间。由图 2 还可看出, 随着温度升高, 吸附速率迅速增大, 平衡时间急剧缩短。

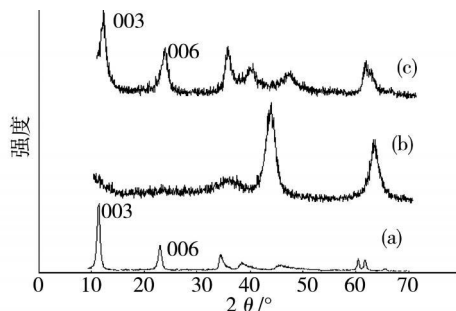


图 1 Mg-Al LDH (a) Mg-Al CLDH (b) 和 Mg-Al RLDH (c) 的 XRD 谱图

Fig 1 XRD patterns of Mg-Al LDH (a) Mg-Al CLDH (b) and Mg-Al RLDH (c)

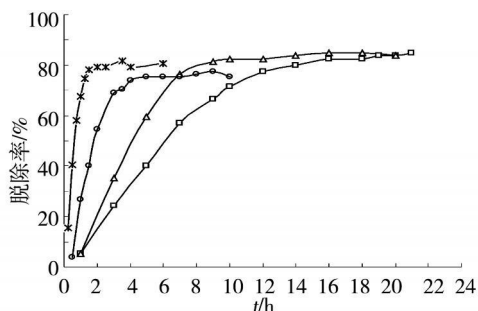


图 2 不同温度下吸附时间对脱除性能的影响
 □—298K △—303K ○—313K ×—323K

Fig 2 Removal of NO_2^- by Mg-Al CLDH as a function of contact time at different temperatures

分别采用以下 3 种动力学方程对实验数据进行模拟:

伪一级动力学方程: $\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - K_1 t$ 伪二级动力学方程: $t/Q_t = 1/(K_2 Q_e^2) + t/Q_e$;

颗粒内扩散方程: $Q_t = K_p \cdot t^{1/2} + C$. 式中, K_1 , K_2 和 K_p 分别为伪一级、伪二级和颗粒内扩散速率常数, t 为吸附时间, Q_t 和 Q_e 分别为 t 时刻和平衡时的吸附量, C 为常数。模拟结果见表 1。

表 1 Mg-Al CLDH 脱除 NO_2^- 的动力学方程

Table 1 Kinetic models of Mg-Al CLDH for the removal of NO_2^-

	T / K	Q_e (exp)	方程	K_1	R^2	Q_e (cal)
伪一级方程 $y = \ln(Q_e - Q_t)$ $x = t$	298	11.01	$y = -0.2178x + 2.6490$	0.22	0.9807	14.14
	303	11.02	$y = -0.4028x + 2.9533$	0.40	0.9871	19.17
	313	10.07	$y = -0.9841x + 2.8365$	0.98	0.9819	17.06
	323	10.85	$y = -2.3303x + 2.8440$	2.33	0.9943	17.18
伪二级方程 $y = t/Q_t$ $x = t$	298	11.01	$y = 0.0717x + 0.3807$	0.0135	0.9906	13.95
	303	11.02	$y = 0.0822x + 0.1505$	0.0449	0.9904	12.17
	313	10.07	$y = 0.1026x + 0.0833$	0.1400	0.9413	10.14
	323	10.85	$y = 0.0898x + 0.0166$	0.4858	0.9978	11.14
颗粒内扩散方程 $y = Q_t$ $x = t^{1/2}$	298	11.01	$y = 2.8753x - 1.0479$	2.86	0.9260	
	303	11.02	$y = 2.7723x + 0.4683$	2.77	0.7899	
	313	10.07	$y = 2.6867x + 1.7779$	2.69	0.6119	
	323	10.85	$y = 3.6175x + 4.0290$	3.62	0.5849	

由表 1 中 R^2 看出, 伪一级和伪二级动力学方程均可描述 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的吸附. 但由伪二级动力学方程计算得出的吸附量 $Q_e(\text{cal})$ 与实验吸附量 $Q_e(\text{exp})$ 更接近, 因此, 伪二级动力学方程更适合描述 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的吸附动力学过程. 吸附速率常数 K_2 随温度的升高而增大, 说明温度升高, NO_2^- 与 Mg-Al-CLDH 的碰撞加剧, 增加了接触机率^[5], 因此, 吸附速度加快, 吸附平衡时间缩短.

根据 Arrhenius 方程 $\ln K_2 = -E_a/RT + \ln A$ (E_a 为活化能, A 为指前因子), 以 $\ln K_2$ 对 $1/T$ 作图, 通过斜率求出吸附过程的活化能 E_a 为 $109.94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 说明 Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的吸附主要是化学吸附 ($> 83.72 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)^[6]. Mg-Al-CLDH 吸附 NO_2^- 所克服的势能垒较大, 故在低温时吸附速率较小.

2.3 吸附等温线

分别取不同体积浓度为 $250 \text{ mgN} \cdot \text{l}^{-1}$ 的亚硝酸钠溶液稀释至 50 ml 在 $293\text{--}323 \text{ K}$ 下, 用 0.10 g Mg-Al-CLDH 进行吸附, 测定 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的 Q_e 与 C_e 的关系曲线, 结果如图 3 所示. 由图 3 可知, 当初始浓度较低时, NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的吸附虽然受到溶剂吸附的影响, 但 Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的有效吸附位点充足, 所以在低浓度范围内吸附量随着浓度的增大而增加, 当浓度增大到 Mg-Al-CLDH 上没有足够的有效吸附位点时, 溶剂在 Mg-Al-CLDH 上的吸附占优势, 它夺取了 NO_2^- 的吸附位点, 导致吸附量随着浓度的增大而减小^[7]. 在 298 K , 当 C_0 高达 $15 \text{ mgN} \cdot \text{l}^{-1}$ 时, 溶液中残余浓度小于 $1 \text{ mgN} \cdot \text{l}^{-1}$, 符合美国 EPA 规定的饮用水最高极限值.

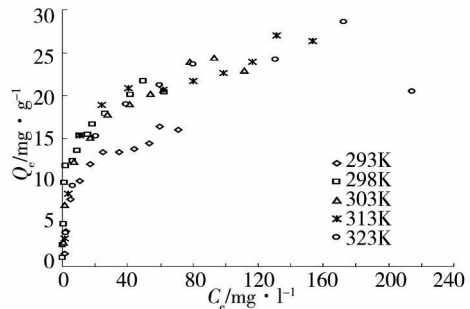


图 3 不同温度下的吸附等温线

Fig 3 Adsorption isotherms of NO_2^- on Mg-Al-CLDH at different temperatures

用 Langmuir 等温方程式: $C_e/Q_e = 1/(Q_{\text{max}} \cdot K_L) + C_e/Q_{\text{max}}$ 和 Freundlich 等温方程式: $\ln Q_e = \ln K_f + (1/n) \ln C_e$ 对等温曲线进行线性拟合, 结果见表 2.

由线性相关系数可知, Langmuir 等温方程式能较好地描述 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的吸附. 在 $293\text{--}323 \text{ K}$ 下, 最大吸附量为 $17.24\text{--}29.94 \text{ mgN} \cdot \text{g}^{-1}$, 相当于 $1.23\text{--}2.14 \text{ mmolN} \cdot \text{g}^{-1}$, 大于酸处理碳纤维^[8]的最大吸附量 $1.01 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和花生麸水不溶性膳食纤维^[9]的最大吸附量 $31.12 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$, 说明 Mg-Al-CLDH 可作为一种有效吸附剂脱除溶液中的 NO_2^- . 吸附量随温度的升高而增大, 表现为吸热吸附, 这可能是因为随着温度升高, 吸附在 Mg-Al-CLDH 上的水分子更容易被置换, 即所谓的“溶剂置换作用”^[10], 同时, 溶解 CO_2 的竞争吸附减小^[11], 所以吸附量增加.

表 2 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的 Langmuir 和 Freundlich 吸附等温方程式

Table 2 Langmuir and Freundlich adsorption isotherms for the removal of NO_2^- by Mg-Al-CLDH

T / K	Langmuir equation				Freundlich equation				
	$y = C_e/Q_e, x = C_e$	$Q_{\text{max}} / \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	R^2	$K_L / \text{l} \cdot \text{mg}^{-1}$	$y = \ln Q_e, x = \ln C_e$	K_f	$1/n$	R^2	
293	$y = 0.0580x + 0.4740$	17.24	0.9845	0.1224	$y = 0.4936x + 0.8974$	2.4532	0.4936	0.8722	
298	$y = 0.0467x + 0.1426$	21.41	0.9818	0.3275	$y = 0.3155x + 0.9191$	6.8148	0.3155	0.9290	
303	$y = 0.0389x + 0.3565$	25.71	0.9845	0.1091	$y = 0.3903x + 0.5238$	4.5896	0.3903	0.9127	
313	$y = 0.0375x + 0.4317$	26.67	0.9841	0.0869	$y = 0.2684x + 0.9599$	7.0986	0.2684	0.9112	
323	$y = 0.0334x + 0.6591$	29.94	0.9875	0.0507	$y = 0.4273x + 1.2614$	3.5304	0.4273	0.9422	

注: Q_{max} 为最大吸附量, $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; K_L 分别为 Langmuir 吸附平衡常数, $\text{l} \cdot \text{mg}^{-1}$; K_f 和 n 为 Freundlich 吸附平衡常数.

2.4 溶液初始 pH 值对脱除性能的影响

用 $1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \text{ HCl}$ 或 NaOH 调节 50 ml 浓度为 $25 \text{ mgN} \cdot \text{l}^{-1}$ 溶液的初始 pH 值, 在 298 K 下用 0.10 g Mg-Al-CLDH 进行吸附. NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的脱除率随溶液初始 pH 值的变化关系曲线如图

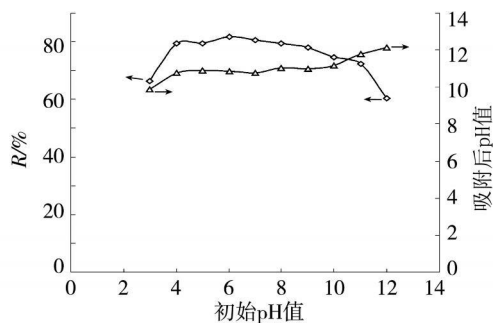


图 4 溶液初始 pH 值对 NO_2^- 脱除性能的影响

Fig 4 Effect of initial pH on the removal of NO_2^- by Mg-Al-CLDH

4所示. 由图 4 可以看出, 当溶液初始 $\text{pH} = 3.0$ 时, 脱除率相对较低; pH 值在 4.0—9.0 时, 脱除率基本不受溶液初始 pH 值的影响; 随着 pH 值继续增大到 12.0, 脱除率明显下降. 这是因为溶液中 NO_2^- ($\text{p}K_a = 3.01$) 在 pH 为 3.0 时, 主要以分子形式存在, 与 Mg-Al-CLDH 的静电引力较小, 故脱除率较低; pH 值在 4.0—9.0 时, 以 NO_2^- 离子形式存在, 与 Mg-Al-CLDH 静电吸引作用较强, 脱除率较高; 当 pH 值继续增大, Mg-Al-CLDH 表面呈电负性, 与 NO_2^- 产生静电排斥, 同时溶液中 OH^- 浓度较大, 与 NO_2^- 存在竞争吸附, 因此脱除率明显降低^[12]. 由图 4 还可看出, 初始 pH 值在 4.0—9.0 时, 吸附后 pH 值稳定在 10.8—11.0. 这是 Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的脱除率在此 pH 范围内基本保持不变的主要原因, 说明 Mg-Al-CLDH 可以在较宽 pH 值范围内吸附脱除溶液中的 NO_2^- . 吸附后溶液碱性增强, 进一步证明了 Mg-Al-CLDH 对溶液中 NO_2^- 的吸附主要是“结构记忆”效应. 这主要是因为 Mg-Al-CLDH 在溶液中发生结构重建^[13], 直接释放出 OH^- , 进一步提高了溶液的 pH 值, 且溶液初始碱性愈弱, 溶液平衡 pH 值与初始 pH 值相差愈大. 但当溶液初始 pH 值接近 12 时, 溶液平衡 pH 值与初始 pH 值间的差别消失, 表明因初始 OH^- 浓度较大, 释放的 OH^- 对整个体系的 OH^- 浓度影响较小^[14].

2.5 溶液离子强度对脱除性能的影响

用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 调节溶液的离子强度, 使 50 mL 浓度为 $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中 Cl⁻ 浓度分别为 0.001, 0.01 和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在 298 K 下用 0.10 g Mg-Al-CLDH 进行吸附. 当 Cl⁻ 浓度由 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 吸附量由 $9.52 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 降至 $0.59 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. 由此可知, Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的吸附量随溶液离子强度的增大而减小, 说明溶液中 Cl⁻ 与 NO_2^- 发生明显的竞争吸附, 这与各种无机阴离子与 Mg-Al-CLDH 的结合能力顺序^[15]是一致的.

2.6 Mg-Al-CLDH 吸附 NO_2^- 的正交实验

Mg-Al-CLDH 对水溶液中 NO_2^- 的吸附量除受溶液初始 pH 值和离子强度影响外, 还受初始溶液浓度 (C_0), 吸附剂用量 (m), 吸附时间 (t), 温度 (T) 等的影响, 四因素三水平表正交实验结果见表 3.

表 3 Mg-Al-CLDH 吸附 NO_2^- 的正交实验表

Table 3 Assignment of the factors and levels of the experiments using an $\text{OA}_9 (3^4)$ matrix along with the effects of factors on Q_e .

实验序号	$C_0 / \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	m / g	t / h	T / K	$Q_e / \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
1	20	0.05	14	293	9.66
2	20	0.10	18	298	8.41
3	20	0.20	22	303	4.42
4	50	0.05	18	303	20.45
5	50	0.10	22	293	15.36
6	50	0.20	14	298	10.48
7	100	0.05	22	298	23.82
8	100	0.10	14	303	21.32
9	100	0.20	18	293	12.69
k_1	7.497	17.977	13.820	12.570	
k_2	15.430	15.030	13.850	14.237	
k_3	19.297	9.197	14.533	15.397	
R	11.80	8.78	0.71	2.83	

注: k_i 是每个因素在水平为 i 时 Q_e 的平均值, R 是每个因素 k 的极差.

由表 3 可知, C_0 , t 和 T 愈大, m 愈小, 吸附量愈大. C_0 是影响吸附量大小的最主要因素, m 是次要因素, T 和 t 对吸附量的影响较小.

3 结论

(1) Mg-Al-CLDH 可有效吸附脱除水溶液中的 NO_2^- , 对 NO_2^- 的吸附是通过“结构记忆”效应来实现的. 温度愈高, Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的吸附速率愈大, 吸附平衡时间愈短. 伪二级动力学方程可较好地描述 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的吸附动力学过程. 吸附活化能 E_a 为 $109.94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 说明 Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的吸附主要是化学吸附.

(2) 当溶液中 NO_2^- 初始浓度高达 $15 \text{ mgN} \cdot \text{l}^{-1}$ 时, 吸附后溶液中残余浓度小于 $1 \text{ mgN} \cdot \text{l}^{-1}$, 在 293—323 K 温度范围内, 饱和吸附量为 $17.24\text{—}29.94 \text{ mgN} \cdot \text{g}^{-1}$, 相当于 $1.23\text{—}2.14 \text{ mmolN} \cdot \text{g}^{-1}$, 明显大于其它吸附剂的最大吸附量. Langmuir 线性等温方程式能较好地描述 NO_2^- 在 Mg-Al-CLDH 上的吸附过程. 吸附量随温度升高而增大, 表现为吸热吸附.

(3) pH 值在 4.0—9.0 范围内, Mg-Al-CLDH 对 NO_2^- 的脱除率受溶液初始 pH 值影响较小, 随着 pH 值继续增大到 12 脱除率下降, 说明 Mg-Al-CLDH 可在较宽初始 pH 值范围内有效脱除溶液中的 NO_2^- . 吸附量随溶液离子强度的增大而减小.

(4) 正交实验结果表明, 溶液的初始浓度是影响吸附量大小的最主要因素, 吸附剂用量是次要因素.

参 考 文 献

- [1] 邢坤, 王海增, 郭鲁钢等, 三聚磷酸钠在层状氢氧化镁铝及其焙烧产物上的吸附特性. 环境化学, 2007, 26 (6) : 792—796
- [2] 邢坤, 王海增, 硝酸盐在层状氢氧化镁铝及其焙烧产物上的吸附特性比较. 环境科学学报, 2008, 28 (7) : 1340—1346
- [3] Kuzawa K, Jung Y J, Kiso Y et al, Phosphate Removal and Recovery with a Synthetic Hydroxide as an Adsorbent. *Chemosphere*, 2006, 62 (1) : 45—52
- [4] Carlino S. Chemistry between the Sheets. *Chem. Br.*, 1997, 33 (9) : 59—62
- [5] Rakhshaei R, Khosravi M, Ganjimi T, Kinetic Modeling and Thermodynamic Study to Remove Pb(II), Cd(II), Ni(II) and Zn(II) from Aqueous Solution Using Dead and Living Azolla Filicoides. *J. Hazard. Mater.*, 2006, 134 (1—3) : 120—129
- [6] 谭凯旋, 张哲儒, 王中刚, 矿物溶解的表面化学动力学机理. 矿物学报, 1994, 14 (3) : 207—213
- [7] 魏瑞霞, 陈金龙, 陈连龙等, 2-噻吩乙酸在三种不同树脂上的吸附热力学和动力学研究. 高等学校化学学报, 2004, 25 (11) : 2095—2098
- [8] Akhrami A, Madrakian T, Karini Z, The Effect of Acid Treatment of Carbon Cloth on the Adsorption of Nitrite and Nitrate Ions. *J. Hazard. Mater.*, 2007, 144 (1—2) : 427—431
- [9] 潘英明, 李海云, 王刚等, 花生麸水不溶性膳食纤维的提取及其吸附亚硝酸根离子的研究. 现代食品科技, 2005, 21 (2) : 30—34
- [10] Gokmen V, Serpen A, Equilibrium and Kinetic Studies on the Adsorption of Dark Colored Compounds from Apple Juice Using Adsorbent Resin. *J. Food Eng.*, 2002, 53 (3) : 221—227
- [11] 叶瑛, 杨柳杰, 郑丽波等, 几种层状化合物对六价铬吸附性能的对比与讨论. 无机材料学报, 2004, 19 (6) : 1379—1385
- [12] Das J, Patra B S, Balia Singh N et al, Adsorption of Phosphate by Layered Double Hydroxides in Aqueous Solutions. *Appl. Clay Sci.*, 2006, 32 (3—4) : 252—260
- [13] Badreddine M, Legrouji A, Barroug A et al, Ion Exchange of Different Phosphate Ions into the Zinc-Aluminum-Chloride Layered Double Hydroxide. *Mater. Lett.*, 1999, 38 (6) : 391—395
- [14] Jin X, Wang S, Pang Y et al, The Adsorption of Phosphate on Different Trophic Lake Sediments. *Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2005, 254 (1—3) : 241—248
- [15] Miyata S. An ion-Exchange Properties of Hydroxide-Like Compounds. *Clay Clay Miner.*, 1983, 31 (4) : 305

ADSORPTIVE REMOVAL OF NO_2^- FROM AQUEOUS SOLUTION BY CALCINED Mg-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDES

XING Kun WANG Hai-zeng

(Key Laboratory of Marine Chemistry Theory and Technology, MOE, College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao, 266100, China)

ABSTRACT

The calcined Mg-Al layered double hydroxides (Mg-Al CLDH) for removal of NO_2^- from aqueous solution was investigated. The results show that Mg-Al CLDH is an effective adsorbent for the removal of NO_2^- from aqueous solution. The mechanism is followed "memory effect". At the initial concentration of $15 \text{ mgN} \cdot \text{L}^{-1}$ for NO_2^- , the equilibrium concentration is lower than $1 \text{ mgN} \cdot \text{L}^{-1}$. The maximum adsorption capacities of NO_2^- on Mg-Al CLDH from 293 to 323 K are 17.24 to 29.94 $\text{mgN} \cdot \text{g}^{-1}$, which are much higher than those obtained for other adsorbents. The adsorption processes are endothermic. The adsorption data are well fitted to the Langmuir isotherm model. The adsorption rate is increased considerably with temperature. The activation energy is $109.94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. The adsorption processes are chemical adsorption and well fitted with the pseudo-second-order kinetic model. The removal rate is influenced insignificantly at the initial pH of 4.0 to 9.0. The adsorption capacities are decreased with the increasing concentrations of competitive ions. The orthogonal array design shows that the initial concentration of solution is the most important factor.

Keywords Mg-Al CLDH, nitrite adsorption

赛默飞世尔科技 DSQ II 单四极杆质谱 加速饮用水中农药残留和阻燃剂分析

2009年4月23日,赛默飞世尔科技发布了一篇用DSQ II单四极杆质谱进行饮用水中农药残留和阻燃剂分析的应用文献,该项新应用记录标题为“以美国EPA 527方法为标准,使用单四极杆GC/MS进行饮用水中农药残留和阻燃剂的分析”。

阻燃剂会导致甲状腺异常,从而引发神经发育缺陷和癌症。美国环保署(EPA)为饮用水中阻燃剂、农药、拟除虫菊酯分析制定了EPA 527标准。这篇新的应用文献对可供选择的各项进样参数、分离参数、检测参数与EPA 527标准中应用的参数进行了比较和评估。而这些可供选择的参数只有在Thermo Scientific FOCUS GC, AS 3000 II自动进样器与DSQ™ II单串式四极杆质谱联用时,才能够获取。另外, Thermo Scientific Enviro Lab Forms 2.5数据分析报告软件可以用于工作流的优化、数据的复审和汇报。

DSQ II在电子载气控制和快速扫描能力方面的技术革新,使仪器检测极限(DL)平均值达到 $0.034 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,与EPA 527标准相比更具有优势。另外,DSQ II使用了波浪式不分流进样,高柱流量情况下3s产生峰宽,由于DSQ II的快速扫描优势,产生的峰宽是高效、准确的。

DSQ II与FOCUS GC联用系统在 $0.25-10 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的校准范围内可以满足EPA质量控制标准。其中使用校准物的校准标准也能够容易满足DSQ II低质量自动校准特性,质谱的高质量自动校准能力提高了阻燃剂分析的灵敏度。EnviroLab Forms软件流线型的工作流程可以有效、方便地进行数据复审和汇报。

本刊讯