

香蕉皮对汞的吸附特征研究

孙荣国^{1,2}, 范丽³, 尹晓刚¹, 陈卓¹, 李秋华¹, 王军¹, 蒋泽恩¹

(1. 贵州师范大学 化学与材料科学学院, 贵阳 550025;

2. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081; 3. 贵州师范大学 图书馆, 贵阳 550025)

摘要: 以香蕉皮作为吸附剂, 探究其用量与粒径、pH、吸附时间、温度和汞的初始浓度等因素对汞吸附效果的影响。结果发现, 随香蕉皮吸附剂用量的增加与粒径的减小、pH 的增大、汞的初始浓度的降低和反应温度的升高, 溶液中汞的去除率均呈逐渐增高的趋势; 在吸附剂用量 ≥ 0.075 g、粒径 ≥ 60 目、pH ≥ 5 、汞的初始浓度 ≤ 200 mg/L 和室温 ≥ 23 °C 条件下, 吸附时间 ≥ 20 min 时, 汞去除率 $> 90\%$ 。Langmuir、Freundlich 和 Temkin 等温吸附模型对吸附过程均具有较高的拟合度; 符合伪二级动力学模型; 吸附反应是自发进行的, 且为吸热过程; 吸附过程较为复杂, 颗粒内的扩散不是唯一控制吸附反应过程的因素或步骤。香蕉皮对汞的吸附具有吸附剂用量少, 在较宽的 pH 范围和温度条件下对不同浓度汞均具有较高去除率的优点, 可广泛应用于含汞废水的处理, 发展潜力较好。

关键词: 香蕉皮; 汞; 吸附; 影响因素; 动力学特征

中图分类号: P599; X142 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2018)05-0498-07 doi: 10.14050/j.cnki.1672-9250.2018.46.113

汞是一种有毒的重金属元素, 进入水环境的无机汞在生物化学等作用下会生成甲基汞, 由于其具有较强的生物累积和生物放大效应, 会对人类及食鱼生物健康造成严重危害^[1-2]。因此, 我国、联合国环境规划署、美国环保署等机构已将汞列为优控污染物^[3]。2017年8月16日, 我国《关于汞的水俣公约》正式生效, 这标志着含汞废水的排放将受到更为严格的控制, 经济、高效、便捷的含汞废水处理方法将成为研究热点。目前, 含汞废水的处理方法主要包括活性炭吸附法、化学沉淀法、离子交换吸附法、混凝沉淀法和光催化还原法等, 而这些方法或多或少存在处理成本较高、处理过程化学反应速率慢、反应试剂用量大、汞的去除率不高等不足之处^[4-7]。

研究发现, 农林废弃物对重金属离子具有较强的吸附性能, 如果皮、甘蔗渣等^[8-10]。香蕉皮易得, 价格十分低廉, 对其改性后在处理 Pb(II)、Cd(II)、Ni(II)、Zn(II) 等废水中有一定的应用^[10-13]。但直

接以香蕉皮为吸附剂治理含汞废水的研究还相对少见。为此, 本研究以香蕉皮作为吸附剂, 探究不同吸附剂用量与粒径、pH、温度、吸附时间、汞的初始浓度等因素对模拟含汞废水的去除效果, 分析吸附反应的类型、动力学与热力学特征, 以期含汞废水的处理提供一种经济、高效、便捷的生物质吸附剂。

1 材料与方法

1.1 实验方法

实验用香蕉皮购自贵阳市石板水果批发市场。将香蕉皮用纯净水清洗干净后置于烘箱内, 在 65 °C 条件下烘至恒重, 再用粉碎机粉碎、过筛至粒径为 40、60、80、100、120 目备用。模拟的含汞废水用硫酸汞(分析纯, 上海试四赫维化工有限公司)进行配置, 溶液的 pH 值采用 0.1 mol/L 的 H₂SO₄(优级纯, 重庆川东化工(集团)有限公司)和 NaOH(优级纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司)进行调节。

收稿日期: 2017-09-21; 改回日期: 2017-12-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(21767007); 贵州省科技厅社会发展攻关项目(黔科合 LH 字[2017]7334); 中国博士后科学基金项目(2017M613005); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY[2016]135); 贵州师范大学博士科研启动基金项目; 贵州师范大学“省级大学生创新创业训练计划”项目(201710663071)。

第一作者简介: 孙荣国(1984-)男, 博士, 副教授, 研究方向为环境污染化学。E-mail: sunrongguo88@163.com.

首先在洁净无汞的 250 mL 具塞石英锥形瓶内加入一定质量的吸附剂,再加入一定浓度的含汞溶液,调节 pH 值后迅速塞紧瓶塞并置于磁力搅拌器上进行搅拌。定时取样 5 mL 至洁净的离心管中,在 4 000 r/min 条件下离心 10 min,上清液经 0.45 μm 滤膜(Millipore, polyvinylidene difluoride)过滤,然后检测滤液中的总汞含量。

通过改变吸附剂的添加量与粒径、反应液的 pH、搅拌时间、含汞溶液的浓度、反应温度等条件(详见表 1)采用相同的上述实验方法,探究香蕉皮对汞的吸附能力。所有实验均重复 3 次以上,且在黑暗条件下进行。

表 1 实验条件

Table 1 Experiment conditions

主要考查因素	其它条件设置
吸附剂添加量为 0.0、0.025、0.005、0.075、0.1 g	搅拌时间为 120 min, pH 为 5, 粒径为 100 目, 含汞溶液的浓度为 100 mg/L, 反应温度为 23 $^{\circ}\text{C}$
粒径为 40、60、80、100、120 目	吸附剂添加量为 0.1 g, 搅拌时间为 120 min, pH 为 5, 含汞溶液的浓度为 100 mg/L, 反应温度为 23 $^{\circ}\text{C}$
pH 为 2、3、4、5、6、7	吸附剂添加量为 0.1 g, 搅拌时间为 120 min, 粒径为 100 目, 含汞溶液的浓度为 100 mg/L, 反应温度为 23 $^{\circ}\text{C}$
反应时间为 0、10、20、30、60、120、240、300、360、420、1 440 min	吸附剂添加量为 0.1 g, pH 为 5, 粒径为 100 目, 含汞溶液的浓度为 100 mg/L, 反应温度为 23 $^{\circ}\text{C}$
初始浓度为 10、50、100、200 mg/L	吸附剂添加量为 0.1 g, 搅拌时间为 120 min, pH 为 5, 粒径为 100 目, 反应温度为 23 $^{\circ}\text{C}$
温度 23、40、50、60、80 $^{\circ}\text{C}$	吸附剂添加量为 0.1 g, 搅拌时间为 120 min, pH 为 5, 粒径为 100 目, 含汞溶液的浓度为 100 mg/L

1.2 样品检测与质量控制

滤液中的总汞采用 CVAFS(Model III, Brooks Rand) 进行检测^[3, 14]。所有玻璃器皿均经过硝酸浸泡(25% v/v , >24 h)、马弗炉灼烧(500 $^{\circ}\text{C}$, >30 min)、无汞环境冷却后使用;粉碎机、搅拌子等器具需使用超纯水清洗干净后使用;所有操作均佩戴一次性手套并防止交叉污染。同时,在整个实验过程中,严格按照 US EPA Method 1631(2001)^[14]所要求的质量控制步骤与方法进行操作,以确保含汞样品分析的质量与准确性。

1.3 数据处理

吸附量 $q = (C_0 - C_t) V/m$, C_0 、 C_t 分别为 0 时刻和 t 时刻溶液中汞的浓度(mg/L), V 为溶液的体积(mL), m 为吸附剂的用量(g)。溶液中汞的去除率

$$a = 100\% \times (C_0 - C_t) / C_0。$$

分别采用 Langmuir、Freundlich 和 Temkin 等温吸附模型对吸附结果进行拟合,模型公式分别为式(1)、式(2)和式(3)。

$$\frac{C_e}{q_t} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{q_m k_L} \quad (1)$$

$$\ln q_t = \ln k_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (2)$$

$$q_t = a \ln C_e + b \quad (3)$$

式中, C_e 为平衡时溶液中汞的浓度(mg/L), q_t 为 t 时刻的吸附量(mg/g), q_m 为最大吸附量(mg/g), k_L 、 k_f 、 n 、 a 和 b 均为吸附常数。

吸附动力学分别采用伪一级动力学和伪二级动力学方程进行拟合,方程式分别为式(4)和式(5)。

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2^{-1} q_e^{-2}} + \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

式中, q_e 为平衡吸附量(mg/g), k_1 、 k_2 为动力学参数。

2 结果与分析

2.1 吸附剂用量对吸附的影响

在吸附剂粒径为 100 目、汞的初始浓度为 100 mg/L、室温为 23 $^{\circ}\text{C}$ 和 pH 为 6 的条件下,随吸附剂用量(0.00、0.025、0.005 0、0.075、0.10 g)的增加,在吸附达到平衡后,溶液中汞的浓度呈逐渐下降的趋势,去除率呈逐渐上升的趋势,在吸附剂用量最大(0.1 g)时,溶液中汞的去除率为 96%,表现出较强的吸附能力(图 1)。在吸附剂用量增加时,溶液中与汞结合的吸附位点总量也相应增加,造成溶液中汞的浓度逐渐下降,去除率逐渐上升。选择同样的实验条件,即最大吸附剂用量(0.1 g)情况下开展下面实验研究。

2.2 反应时间对吸附的影响

随着搅拌时间的进行,在 0、10、20、30、60、120、240、300、360、420 和 1 440 min 取样分析,发现在有吸附剂存在的情况下,溶液中汞的浓度迅速下降,在 10 min 时溶液中汞的浓度已下降至 14.2 mg/L,去除率为 85%,120 min 时下降至 4.4 mg/L,去除率为 96%,基本达到吸附平衡,而对照组(没有吸附剂)溶液中汞的浓度下降不明显,基本保持在 85 mg/L(图 2)。可见,香蕉皮吸附剂对汞的吸附反应

速率较快,表明在反应初期,物理吸附过程占主导地位。

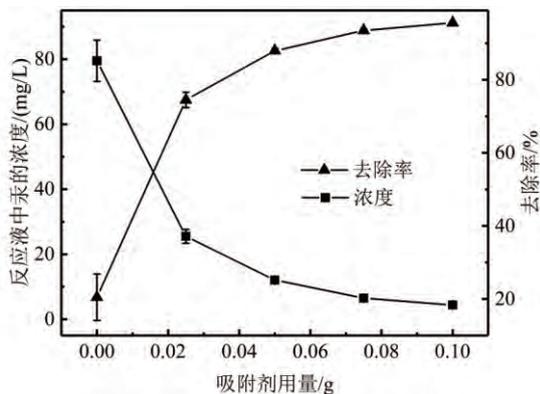


图1 不同吸附剂用量条件下溶液中汞的平衡浓度与去除率

Fig.1 The equilibrium concentration and removal efficiency of mercury under different adsorbent dosages

2.3 pH 值对吸附的影响

在吸附剂用量为 0.1 g、粒径为 100 目、汞的初始浓度为 100 mg/L、室温为 23 °C 条件下,随 pH 值的逐渐升高,达到吸附平衡时溶液中汞的浓度逐渐下降,去除率呈逐渐上升的趋势。当 pH 为 6 时,平衡时溶液中汞的浓度下降至 0.19 mg/L,去除率为 100% 与 pH 为 7 条件下的结果基本一致(图 3)。在生物吸附剂的表面,吸附位可分为空吸附位、已结合金属离子的吸附位和已结合 H⁺ 的吸附位^[15]。在较低的 pH 条件下,H⁺ 的活度较高,大量自由的 H⁺ 将吸附位点占据,并与 Hg²⁺ 之间形成竞争机制,从而降低吸附剂对汞的吸附效率;而随着 pH 值的升高,溶液中 H⁺ 的活度与浓度均下降,H⁺ 的吸附竞争已不占优势。因此,在高 pH 条件下,香蕉皮吸附剂对汞吸附效率较高^[16]。

2.4 吸附剂粒径对吸附的影响

随着吸附剂粒径的逐渐变小,达到吸附平衡时溶液中汞的浓度逐渐下降,去除率逐渐上升;当粒径为 60 和 80 目时出现“平稳”现象,两种粒径处理结果相差较小(图 4)。通常情况下,吸附剂的粒径减小时,其比表面积逐渐增大,相同质量的吸附剂暴露出的吸附位点就越多,越有利于吸附反应的进行。因此,整体出现溶液中汞的去除率随粒径的增加而减小。而当粒径在 60~80 目时,可能是由于吸附剂表面吸附位点的数量相差不大,故出现“平稳”现象。

2.5 汞的初始浓度对吸附的影响

在吸附剂用量为 0.1 g、粒径 100 目、室温 23 °C 和 pH 为 6 条件下,随汞初始浓度(10、50、100 和

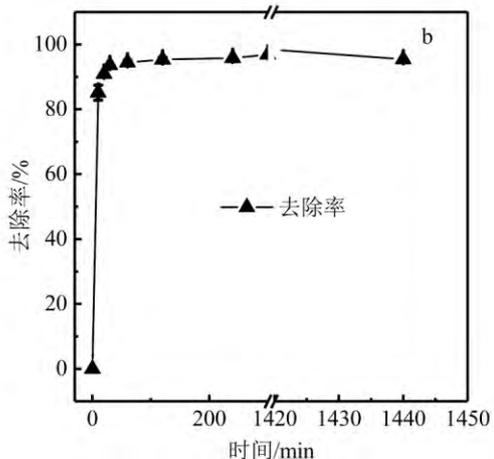
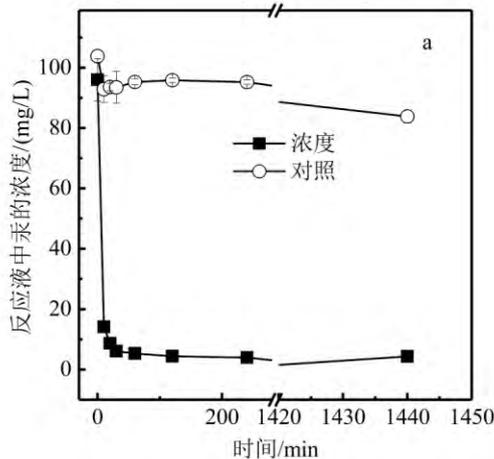


图2 反应液中汞的平衡浓度及去除率随时间的变化趋势

Fig.2 The tendency of equilibrium concentration and removal efficiency of mercury versus time

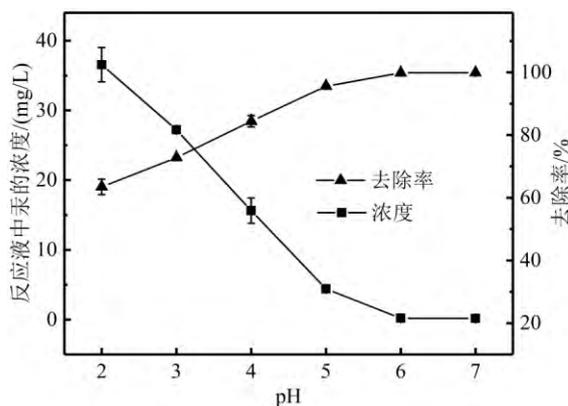


图3 反应液中汞的平衡浓度及去除率随 pH 的变化趋势

Fig.3 The tendency of equilibrium concentration and removal efficiency of mercury under different pH

200 mg/L) 的逐渐增高,达到吸附平衡时溶液中汞的浓度呈上升趋势,去除率逐渐下降(图 5)。这主

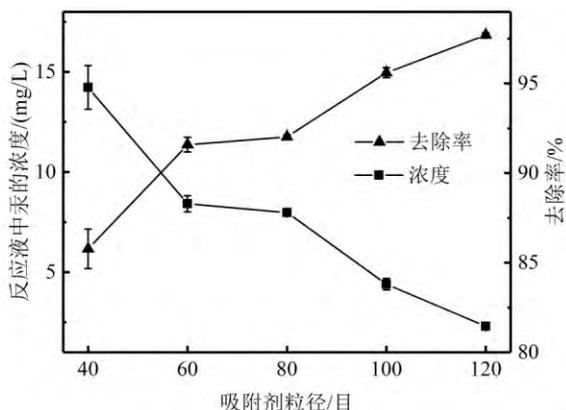


图 4 不同吸附剂粒径对平衡溶液中汞的浓度与去除率变化趋势

Fig.4 The tendency of equilibrium concentration and removal efficiency of mercury under different particle sizes of sorbent

要是由于溶液中汞的浓度逐渐增加时,能够发生有效吸附的位点逐渐减少,导致去除率逐渐降低。当汞的初始浓度为 200 mg/L 时,达到平衡后溶液中汞的去除率为 91%。可见,以香蕉皮作为吸附剂去除溶液中的汞,具有较宽的吸附范围。

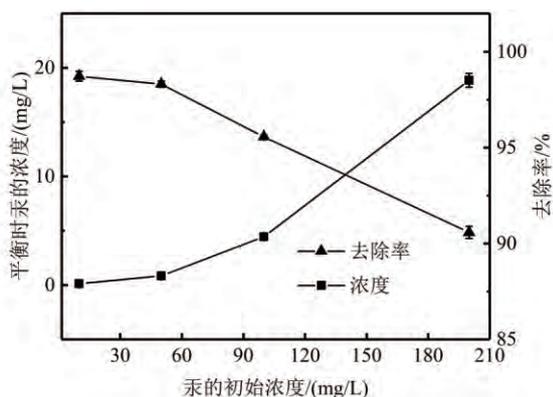


图 5 不同汞的初始浓度对平衡溶液中汞的浓度与去除率变化趋势

Fig.5 The tendency of equilibrium concentration and removal efficiency of mercury under different initial mercury concentrations

2.6 反应温度对吸附的影响

当反应温度为 23 °C 和 50 °C 时,达到吸附平衡时溶液中汞的浓度分别为 4.40 mg/L 和 2.09 mg/L,去除率分别为 95% 和 98%,而当温度进一步升高,达到平衡时溶液中汞的浓度下降趋势不明显,去除率上升也较为缓慢(图 6)。可见,适当提高反应温度,有利于吸附反应的进行。这主要是由于在温度升高时,汞和吸附剂颗粒的分子热运动增加,颗粒间扩散速率升高,发生有效碰撞而进行吸附的

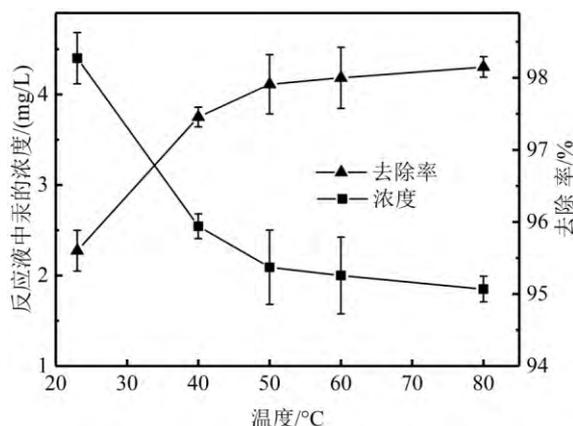


图 6 不同温度条件下,达到平衡后溶液中汞的浓度与去除率变化趋势

Fig.6 The tendency of equilibrium concentration and removal efficiency of mercury under different temperature

几率增加,进而呈现出汞浓度逐渐下降、去除率逐渐上升的趋势。

3 讨论

3.1 吸附等温线

分别采用 Langmuir、Freundlich 和 Temkin 等温吸附模型对吸附结果进行拟合,发现香蕉皮吸附剂对汞的吸附对三种吸附模型均具有较高的拟合度(表 2)。Langmuir 等温吸附模型假设吸附剂表面的吸附位点分布是均匀的,吸附质与吸附剂之间靠微弱的化学键作用力发生吸附,且结合力的作用范围仅为单分子层。由该模型计算可知,在 23 °C 条件下,吸附剂对 Hg²⁺ 的最大吸附量为 80.65 mg/g,与实际吸附值 92.82 mg/g 比较接近。 R_L 是 Langmuir 等温吸附模型中一个非常重要的无量纲平衡参数,表达式为:

$$R_L = 1 / (1 + C_0 \times k_L) \quad (6)$$

式中 k_L 为 Langmuir 常数, C_0 为汞的初始浓度。经计算 $k_L = 2.25 \text{ L/mg}$, R_L 值均处于 0~1 之间,证明该过程有利于吸附反应的进行。

Freundlich 等温吸附模型描述的是非均相体系的多分子层吸附过程,吸附平衡常数与表面覆盖有关。在该模型中, $1/n$ 值越小,吸附质与吸附剂之间的作用力越强,越容易发生吸附。计算 $1/n$ 为 0.029,表明吸附反应容易发生。Temkin 等温吸附模型描述的是化学吸附过程,假设吸附质之间相互排斥,吸附层的热反应随反应的进行正比例下降。线性拟合的相关系数为 0.997,非常高,说明吸附质

与吸附

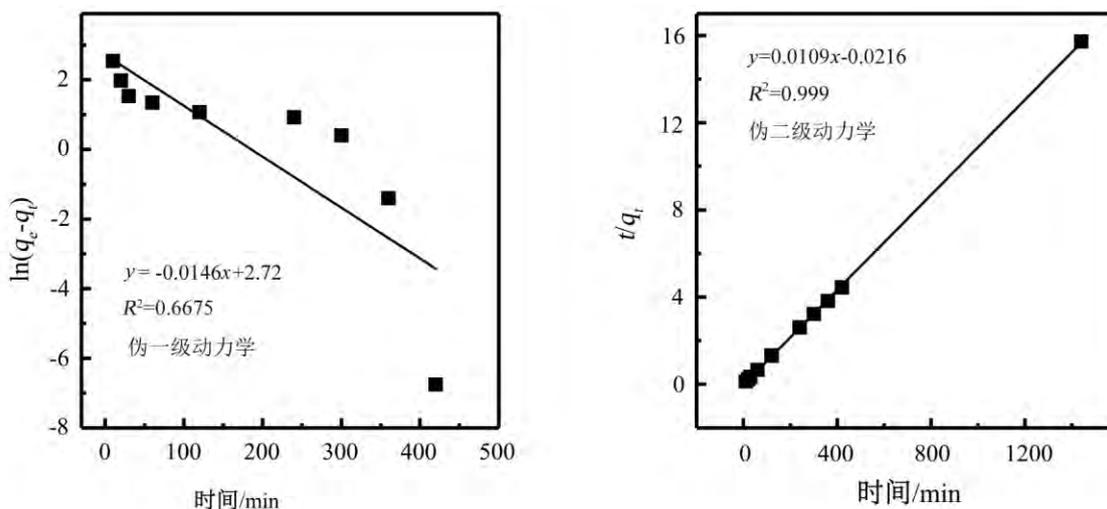


图7 动力学拟合方程

Fig.7 Plot of the kinetic equation

表2 等温吸附模型拟合参数

Table 2 Fitting isotherm parameters of Langmuir, Freundlich and Temkin models

等温线	常数及相关系数		
Langmuir	$q_m = 80.65$ / (mg/g)	$k_L = 2.25$ / (L/mg)	$R^2 = 0.997$
Freundlich	$k_f = 99.48$	$1/n = 0.029$	$R^2 = 0.987$
Temkin	$a = 2.7$	$b = 95.7$	$R^2 = 0.997$

3.2 吸附动力学

分别采用伪一级动力学和伪二级动力学方程对香蕉皮吸附汞的动力学过程进行拟合,结果(图7)发现,伪一级动力学方程常数 $k_1 = 0.0146$,拟合的平衡吸附量为 15.13 mg/g,与实际平衡吸附量 (94.50 mg/g) 相差甚远,相关系数 R^2 值相对不高;伪二级动力学方程常数 $k_2 = 0.0055$,拟合的平衡吸附量为 91.74 mg/g,与实际平衡吸附量较为接近,拟合度基本为1。这说明吸附过程符合伪二级动力学模型,伪一级动力学方程不能很好地评估整个吸附过程。可见,香蕉皮吸附剂对汞的吸附能力与吸附位点有关系。

3.3 吸附热力学

根据范特霍夫方程,香蕉皮吸附汞过程中的自由能变 (ΔG)、焓变 (ΔH) 和熵变 (ΔS) 之间的关系为:

$$\Delta G = \Delta H - T \times \Delta S \quad (7)$$

$$\ln(q_t/C_t) = \Delta S/R - \Delta H/(RT) \quad (8)$$

式中 R 为理想气体常数, T 为热力学温度^[16]。以 $\ln(q_t/C_t)$ 为纵坐标, $1/T$ 为横坐标作图,结果如图8所示。经计算, $\Delta G < 0$,说明香蕉皮吸附剂对汞的吸

附反应是自发进行的; $\Delta H > 0$,表明吸附过程为吸热反应,也进一步解释了随反应温度的增加,在达到吸附平衡时汞的浓度呈逐渐下降的趋势(图6); $\Delta S > 0$ 说明吸附过程较为复杂,混乱度较高,可能会存在汞将更活泼的离子从吸附位点上交换下来,或者汞吸附过程中熵值的降低小于吸附剂吸附水分子过程中熵的增加量^[17]。

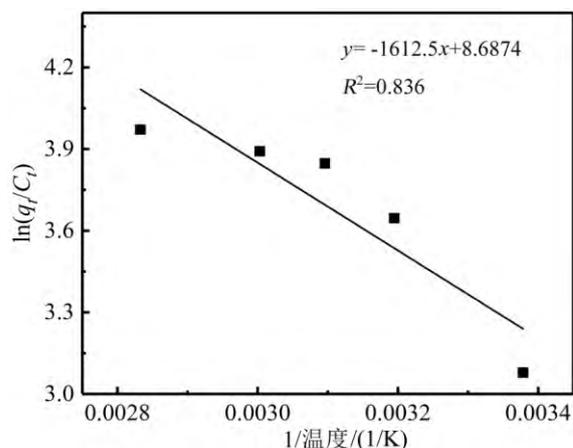


图8 香蕉皮吸附剂吸附汞的热力学拟合结果

Fig.8 Thermodynamic equation fitting of mercury sorption on banana peel

颗粒内扩散模型是用来描述吸附剂与吸附质之间的吸附过程、机制的常见模型。采用该模型描述吸附剂和汞之间的吸附过程(图9)。结果发现,拟合线的截距 (87.109) 较大,表明香蕉皮吸附剂的吸附边界层对汞的吸附过程有较大影响^[18]。此外,拟合线并未通过原点,说明颗粒内的扩散不是唯一控制吸附反应过程的因素或步骤,可能会存在其它

的吸附过程或机制。通过扫描电镜观察发现,香蕉皮颗粒表面具有鳞片状结构,具有非常多的小沟壑,比表面积大,含有大量的 $-COOH$ 、 $-OH$ 、 $-NH_2$ 等多种官能团^[19],这种复杂的表面结构也进一步验证了颗粒内扩散模型的拟合结果。

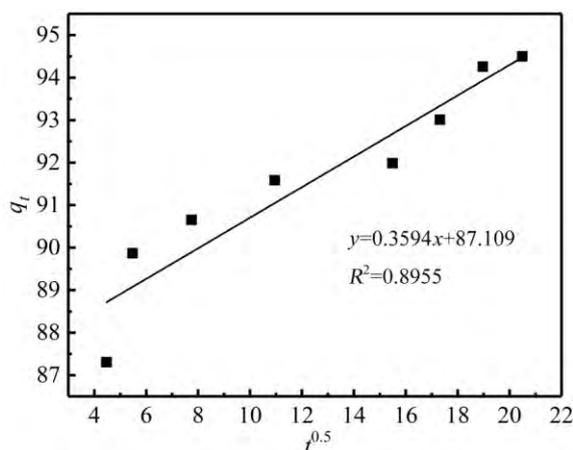


图9 内扩散动力学方程

Fig.9 Fitted equation of the intra-particle diffusion

4 结论

1) 随香蕉皮吸附剂用量的增加、粒径的减小、反应液 pH 值的升高、汞的初始浓度的降低和反应温度的升高,溶液中汞的去除率均呈逐渐增高的趋势;在吸附剂用为 0.1 g、粒径为 100 目、pH 为 6、汞的初始浓度为 100 mg/L 和室温为 23 °C 条件下,吸附反应 120 min 后,溶液中 Hg 的去除率 > 95%。

2) Langmuir、Freundlich 和 Temkin 等温吸附模型均能较好地模拟香蕉皮吸附剂对汞的吸附过程;吸附动力学符合伪二级动力学模型;香蕉皮对汞的吸附反应是自发进行的,且为吸热过程;吸附过程较为复杂,颗粒内的扩散不是唯一控制吸附反应过程的因素或步骤。

3) 香蕉皮易得,前处理简单,对汞的吸附具有吸附剂用量少,在较宽的 pH 值和温度条件下对不同浓度汞均具有较高去除率的优点,可广泛应用于含汞的废水处理中,发展潜力较好。

参 考 文 献

- [1] 孙荣国,毛雯,马明,等. 水体中甲基汞光化学降解特征研究[J]. 环境科学,2012,33(12): 4329-4334.
- [2] 郇超,吴浩贤,李雁宾,等. 环境水体中甲基汞光化学降解机理[J]. 科学通报,2017,62(1): 70-78.
- [3] 孙荣国. 三峡水库水体甲基汞光化学降解特征及其作用机制与影响因素[D]. 重庆: 西南大学,2014.
- [4] 黄慧. CPB 改性沸石对低浓度含汞废水吸附解吸特性研究[D]. 重庆: 西南大学,2013.
- [5] 唐宁,柴立元,闵小波. 含汞废水处理技术的研究进展[J]. 工业水处理,2004,24(8): 5-8.
- [6] 陈瑾瑾,常青,徐敏. 高分子重金属絮凝剂 MAPEI 处理含汞废水[J]. 环境科学学报,2009,29(7): 1442-1446.
- [7] 李彦,杨英伟,屈撑囤. 蒙脱土基复合除汞剂处理含汞废水研究[J]. 化学工程,2016,44(12): 7-10.
- [8] 熊佰炼,崔译霖,张进忠,等. 改性甘蔗渣吸附废水中低浓度 Cd^{2+} 和 Cr^{3+} 的研究[J]. 西南大学学报(自然科学版),2010,32(1): 118-123.
- [9] 冯宁川,郭学益,梁莎,等. 皂化改性橘子皮生物吸附剂对重金属离子的吸附[J]. 环境工程学报,2012,6(5): 1467-1472.
- [10] Annadurai G, Juang R, Lee D. Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels[J]. Water Science and Technology, 2003, 47(1): 185-190.
- [11] Albarelli J Q, Rabelo R B, Santos D T, et al. Effects of supercritical carbon dioxide on waste banana peels for heavy metal removal[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2011, 58(3): 343-351.
- [12] Anwar J, Shafique U, Salman M, et al. Removal of Pb(II) and Cd(II) from water by adsorption on peels of banana[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(6): 1752-1755.
- [13] Lai Y L, Thirumavalavan M, Lee J F. Effective adsorption of heavy metal ions (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) from aqueous solution by immobilization of adsorbents on Ca-alginate beads[J]. Toxicological & Environmental Chemistry Reviews, 2010, 92(4): 697-705.
- [14] US EPA. Method 1631: Mercury in water by oxidation, purge and trap, and cold vapor atomic fluorescence spectrometry[S]. Washington, D C, 2002.
- [15] 陈桂秋. 褐腐菌生物吸附剂去除水体重金属的应用基础研究[D]. 长沙: 湖南大学,2006.
- [16] 冯宁川. 橘子皮化学改性及其对金属离子的吸附行为的研究[D]. 长沙: 中南大学,2009.
- [17] 李朝丽,周立祥. 黄棕壤不同粒级组分对镉的吸附动力学与热力学研究[J]. 环境科学,2008,29(5): 1406-1411.
- [18] 张默,贾明云,卞永荣,等. 不同温度玉米秸秆生物炭对苯的吸附动力学特征与机理[J]. 土壤学报,2015,52(5): 1106-1115.
- [19] Lasheen M R, Ammar N S, Ibrahim H S. Adsorption/desorption of Cd(II), Cu(II) and Pb(II) using chemically modified orange peel: Equilibrium and kinetic studies[J]. Solid State Sciences, 2012, 14(2): 202-210.

Study on Adsorption Characteristics of Mercury by Banana Peel

SUN Rongguo^{1,2}, FAN Li³, YIN Xiaogang¹, CHEN Zhuo¹, LI Qihua¹, WANG Jun¹, JIANG Zeen¹

(1. School of Chemistry and Material, Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China;

2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China; 3. Library of Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Banana peel was selected as sorbent to identify its mercury sorption ability under various conditions, such as dosage, particle size, pH, sorption time, reaction temperature and the initial mercury concentration. The results indicated that the mercury removal efficiency increased with increased dosage, smaller particle size, higher pH, higher reaction temperature, and lower mercury initial concentration. The mercury removal efficiencies were found to be more than 90% when dosage ≥ 0.075 g, particle size ≥ 60 mesh, pH ≥ 5 , initial mercury concentration ≤ 200 mg/L, and temperature $\geq 23^\circ\text{C}$. Sorption models of Langmuir, Freundlich and Temkin are all adequate to fit the sorption process. The sorption reaction, a spontaneous endothermic reaction, is consistent with the pseudo-second order kinetic model. The sorption process was complex controlled by more influence factors other than the intra-particle diffusion. Banana peel showed an excellent development potential in removing mercury from wastewater because of the high removal rate as well as the low dosage, wide suitable ranges of pH and temperature for the sorption reaction.

Key words: banana peel; mercury; adsorption; influencing factor; kinetics feature