

文章编号:1671-6833(2020)05-0031-06

Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附性能研究

贾瑞娟¹, 王钰翠¹, 常 春^{1,2}, 韩秀丽^{1,2}

(1.郑州大学 化工学院,河南 郑州 450001; 2.河南省杰出外籍科学家工作室,河南 郑州 450001)

摘 要:以红薯叶提取物为原料绿色合成 Fe/Cu 纳米复合材料,用其处理含有罗丹明 B(RhB)的废水,并采用响应面法(RSM)对吸附时间、吸附剂用量、pH 等吸附条件进行了优化。吸附平衡数据符合 Sips 等温模型,且热力学参数表明对罗丹明 B 的吸附过程是一个自发的吸热过程。准二级动力学模型能很好地描述 Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附过程。在 298 K 时,Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的最大吸附量是 484.18 mg/g,表明 Fe/Cu 纳米复合材料在罗丹明 B 废水处理上有较好的应用前景。

关键词:罗丹明 B; Fe/Cu 纳米复合材料; 响应面; 红薯叶; 吸附

中图分类号: X703.1 **文献标志码:** A **doi:**10.13705/j.issn.1671-6833.2020.05.003

0 引言

罗丹明 B 广泛应用于纺织染色、涂料和食品加工行业^[1],同时产生大量的含罗丹明 B 的废水。罗丹明 B 具有致畸、致癌和诱变性^[2],会对水环境造成严重污染。目前,染料废水的处理方法包括吸附^[3]、化学氧化^[4]、生物降解^[5]、萃取^[6]和膜分离^[7]等技术。吸附法去除率高、成本低、操作简单,是处理染料废水的重要方法。

近年来纳米材料作为吸附剂在废水处理中得到了广泛的关注。植物提取物含有的多酚和黄酮类化合物,可以作为还原剂用于绿色合成金属纳米粒子。目前,桉树叶^[8]、鱼腥草^[9]、葡萄叶^[10]、爬山虎叶^[11]等植物的提取物已成功应用于金属纳米材料的合成。本文以红薯叶提取物为原料绿色合成 Fe/Cu 纳米复合材料,并用于处理罗丹明 B 废水。

1 实验

1.1 试剂与仪器

红薯叶 9 月份采摘于河南郑州;罗丹明 B(RhB)、一水柠檬酸、六水氯化铁、二水氯化铜、氢氧化钠、盐酸等均为分析纯。

AL-204 型电子分析天平;TGL-16C 型离心

机;PHS-3C 型精密酸度仪;ZWY-240 型恒温振荡箱;CF080-S 型干燥箱;TU18 型紫外分光光度计。

1.2 Fe/Cu 纳米复合材料的制备

将红薯叶用去离子水洗净,置于阳光下风干,然后粉碎、过孔径 830 μm 筛。随后称取 45 g 红薯叶于烧杯中加入 750 mL 去离子水,在 90 ℃水浴锅中加热 150 min。冷却后过滤、离心,取上清液储存备用。

将 0.002 mol 柠檬酸加入到已经装有 160 mL 红薯叶提取液的烧杯中,然后逐滴滴加 80 mL FeCl₃ 和 CuCl₂ 混合溶液(0.12 mol/L)^[11-12],在室温下连续搅拌 180 min。得到的混合液以 4 200 r/min 离心 30 min,然后用去离子水洗涤沉淀 3 次,在 333 K 温度下烘干 480 min,即得到 0.51 g Fe/Cu 纳米复合材料。利用比表面积分析仪对制备的 Fe/Cu 纳米复合材料进行表征,其比表面积为 18.49 m²/g,平均孔径为 14.44 nm。

1.3 实验方法

称取一定量的 Fe/Cu 纳米复合材料于含有 20 mL 一定浓度罗丹明 B 的锥形瓶中。用 0.1 mol/L HCl 或 NaOH 溶液调节罗丹明 B 溶液的初始 pH。混合溶液在恒温振荡器中以 130 r/min 的速度振荡至吸附平衡,离心分离,然后用紫外-可见分光光度法在波长 554 nm 下测定上清液的吸光

度,并由式(1)计算剩余溶液中罗丹明 B 的质量浓度。

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}, \tag{1}$$

式中: q_e 为单位质量 Fe/Cu 纳米复合材料吸附罗丹明 B 的平衡吸附量,mg/g; C_0 和 C_e 分别为罗丹明 B 溶液的初始质量浓度和平衡质量浓度,mg/L; V 为罗丹明 B 溶液体积,L; m 为吸附剂质量,g。

2 结果和讨论

2.1 吸附条件的优化

2.1.1 中心设计模型的建立

根据 BBD 实验设计规则,以罗丹明 B 的吸附量为响应值,考察了吸附时间(X_1),吸附剂用量(X_2)和 pH(X_3)对吸附过程的影响。实验的因素水平见表 1。

表 1 实验因素水平和范围

Table 1 Experimental parameters levels and range			
水平	因素		
	X_1/min	$X_2/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	X_3
-1	180	0.2	2
0	390	0.3	5
1	600	0.4	8

2.1.2 模型分析

响应面实验设计和结果如表 2 所示。通过二次多项式模型建立了响应值与试验因子之间的数学关系。得到罗丹明 B 吸附量 q_t 与吸附时间、吸附剂用量和 pH 之间的二次多项式回归方程,如式(2)所示:

$$q_t = 284.88 + 11.71X_1 - 59.44X_2 + 5.18X_3 - 8.59X_1X_2 + 2.83X_1X_3 + 0.84X_2X_3 - 18.65X_1^2 + 14.03X_2^2 - 14.57X_3^2. \tag{2}$$

方程的相关系数 R^2 为 0.999 6,表明多项式方程与实验值拟合度较高。由回归方程(2)计算得

到的最佳吸附条件:吸附时间为 507 min,吸附剂用量为 0.2 g/L,pH=5.61。预测得到吸附罗丹明 B 的吸附量为 364.48 mg/g。在该条件下进行 5 次平行吸附实验,最终得到罗丹明 B 的平均吸附量是 358.86 mg/g,与预测值相近,表明该模型可以用于优化 Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附。

表 2 实验设计和结果

Table 2 Experimental design and response values				
序号	X_1/min	$X_2/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	X_3	$q_t/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$
1	180	0.2	5	319.23
2	600	0.2	5	360.12
3	180	0.4	5	217.60
4	600	0.4	5	224.13
5	180	0.3	2	238.78
6	600	0.3	2	256.23
7	180	0.3	8	241.43
8	600	0.3	8	270.21
9	390	0.2	2	338.45
10	390	0.4	2	217.82
11	390	0.2	8	349.19
12	390	0.4	8	231.92
13	390	0.3	5	283.12
14	390	0.3	5	284.45
15	390	0.3	5	286.12
16	390	0.3	5	285.76
17	390	0.3	5	284.97

方差分析结果见表 3。由表 3 可知,模型的 F 值是 1 806.79, P 值小于 0.05,表明模型的拟合结果比较显著。从 F 值判断可以得到 3 个因素对 Fe/Cu 纳米复合颗粒吸附罗丹明 B 的影响由大到小的顺序为:吸附剂用量>吸附时间>pH。从交互作用方面来看,吸附时间和吸附剂用量的交互作用最明显。

2.1.3 3D 图形分析

各变量交互作用下的 3D 图如图 1 所示。由图可知,随着吸附剂用量的增加,单位质量吸附剂对罗丹明 B 的吸附能力降低;Fe/Cu 纳米复合颗

表 3 Fe/Cu 纳米复合材料吸附 RhB 的方差分析

Table 3 Analysis of variance for adsorption of RhB onto Fe/Cu nanocomposites						
方差来源	平方和	自由度	均方差	F 值	P 值	状态
模型	33 021.25	9	3 669.03	1 086.79	<0.000 1	显著
X_1	1 096.29	1	1 096.29	539.86	<0.000 1	—
X_2	28 264.91	1	28 264.91	13 918.85	<0.000 1	—
X_3	214.97	1	214.97	105.86	<0.000 1	—
X_1X_2	295.15	1	295.15	145.35	<0.000 1	—
X_1X_3	32.09	1	32.09	15.8	0.005 4	—
X_2X_3	2.82	1	2.82	1.39	0.276 9	—
残差	14.21	7	2.03	—	—	—
失拟项	8.61	3	2.87	2.05	0.249 6	不显著
总离差	33 035.46	16	—	—	—	—

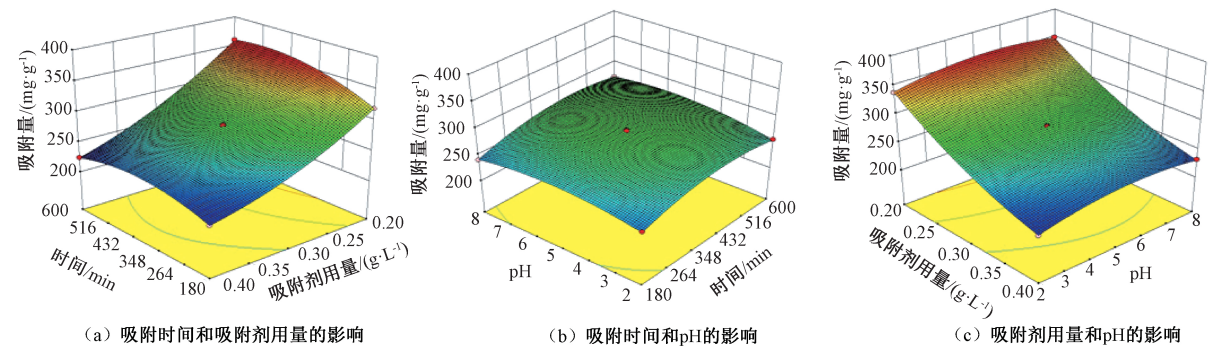


图 1 罗丹明 B 吸附能力的三维响应图

Figure 1 Three-dimensional response surface plots of RhB absorption capacity

粒对罗丹明 B 的吸附量随着吸附时间的增加而逐渐增加直至达到吸附平衡;另外随着 pH 的增加,吸附量先增加后降低。

2.2 吸附等温线

为了进一步研究 Fe/Cu 纳米复合颗粒对罗丹明 B 的吸附特征,分别采用 Langmuir(式(3))、Redlich-Peterson(式(4))和 Sips(式(5))等温模型对实验数据进行拟合分析。实验数据与模型数据之间的差异用 χ^2 (式(6))检验。

$$q_e = \frac{K_L q_m C_e}{1 + K_L C_e}; \tag{3}$$

$$q_e = \frac{A_R C_e}{1 + B_R C_e^g}; \tag{4}$$

$$q_e = \frac{q_{ms} (K_s C_e)^m}{1 + (K_s C_e)^m}; \tag{5}$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(q_{e,exp} - q_{e,cal})^2}{q_{e,exp}}, \tag{6}$$

式中: q_e 和 C_e 分别为平衡吸附量和平衡质量浓度,mg/g,mg/L; q_{ms} 和 q_m 分别为 Sips 模型的饱和吸附量和 Langmuir 模型的最大单层吸附量,mg/g; K_s 和 m 是 Sips 常数; K_L 是 Langmuir 常数,L/mg; A_R 、 B_R 和 g 是 R-P 等温线的常数; $q_{e,exp}$ 和 $q_{e,cal}$ 分别为实际吸附量和理论吸附量,mg/g。

选择吸附平衡时间 510 min,吸附剂用量 0.2 g/L,溶液初始 pH 为 4.48,考察不同温度下罗丹明 B 的初始浓度对吸附效果的影响。按照式(3)~(5)对实验数据进行非线性拟合分析,结果见图 2 和表 4。

由表 4 可知,Sips 模型的 $R^2>0.99$, $\chi^2<0.69$,并且模型参数 q_{ms} 和 K_s 均随着温度的升高而增大,表明 Sips 模型可以很好地描述罗丹明 B 的吸附过程。温度 298 K 时,Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的最大吸附量是 484.18 mg/g。Redlich-

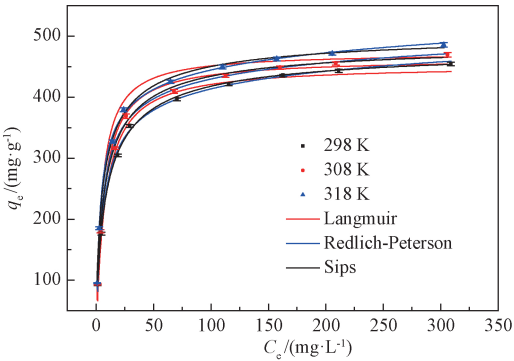


图 2 等温方程的非线性拟合曲线

Figure 2 Non-linear fitted curve with isotherms model

表 4 吸附等温线参数

Table 4 Parameters of adsorption isotherm				
模型	参数	298 K	308 K	318 K
Langmuir	$q_m / (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	452.76	463.59	473.35
	$K_L / (\text{L} \cdot \text{mg}^{-1})$	0.13	0.16	0.20
	χ^2	10.36	8.35	14.02
	R^2	0.987 1	0.988 0	0.981 3
	A_R	83.34	99.81	145.48
Redlich-Peterson	B_R	0.26	0.29	0.43
	g	0.94	0.94	0.93
	χ^2	4.24	7.41	2.31
	R^2	0.996 6	0.997 0	0.997 8
	$q_{ms} / (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	484.18	490.63	509.65
Sips	$K_s / (\text{L} \cdot \text{mg}^{-1})$	0.11	0.14	0.17
	m	0.76	0.78	0.72
	χ^2	0.51	0.69	0.54
	R^2	0.998 6	0.997 8	0.998 6

Peterson 模型的 $R^2>0.99$,且相关参数随温度增加而增大,但 χ^2 较大,所以 Redlich-Peterson 模型不能很好地描述罗丹明 B 在 Fe/Cu 纳米颗粒上的吸附行为。由于 Langmuir 模型的相关系数 R^2 较低, χ^2 较大,表明该模型不适用于描述该吸附过程。

各种吸附剂对罗丹明 B 吸附能力比较见

表 5。可以看出,与其他材料相比,Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 具有较高的吸附能力。

表 5 不同吸附剂对 RhB 吸附能力比较

Table 5 Comparison of adsorption capacities of RhB on various adsorbents

吸附剂	吸附量/(mg·g ⁻¹)	来源
糠醛渣	37.93	文献[13]
核桃壳	57.83	文献[1]
活性炭	182.48	文献[14]
Fe/Cu 纳米复合材料	484.18	本文研究

2.3 热力学参数计算

在 298、308、318 K 温度下,热力学参数吉布斯自由能变(Δ*G*)、熵变(Δ*S*)和焓变(Δ*H*)分别用式(7)、(8)、(9)计算^[15]:

$$K_c = \frac{C_{ad}}{C_e}; \tag{7}$$
$$\Delta G = -RT \ln K_c; \tag{8}$$
$$\ln K_c = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{RT}, \tag{9}$$

式中:*C_e*和*C_{ad}*分别为吸附平衡时溶液中和被吸附的罗丹明 B 质量浓度,mg/g;*R*为通用气体常数,8.314 J/(mol·K);*T*为温度,K。

在温度 298、308、318 K 下,计算得到 Δ*G* 分别是-9.68、-10.57 和-12.06 kJ/mol,说明 Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附行为是自发进行的,升温有利于吸附。焓变(25.88 kJ/mol)和熵变(0.12 kJ/(mol·K))均为正值,表明该吸附过程是吸热的熵增过程。

2.4 吸附动力学

分别在 298、308、318 K 温度下,选择罗丹明 B 的初始质量浓度 100 mg/L,吸附剂用量 0.2 g/L,初始 pH 为 4.48,考察吸附时间对吸附过程的影响。利用式(10)~(12)对吸附动力学数据进行拟合:

$$q_t = q_e (1 - e^{-k_1 t}); \tag{10}$$
$$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t}{1 + k_2 q_e t}; \tag{11}$$
$$q_t = k_d t^{\frac{1}{2}} + C, \tag{12}$$

式中:*k₁*和*k₂*分别为准一级模型和准二级模型的速率常数,min⁻¹,g/(mg·min);*q_e*和*q_t*分别为平衡时刻和时刻*t*罗丹明 B 的吸附能力,mg/g;*k_d*为颗粒内扩散速率常数,mg/(g·min^{1/2});*C*为与边界层有关的常数,mg/g。

拟合结果见图 3 和表 6。由图 3(a)可知,Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附能力随着时间的延长而增加,然后趋于平衡。准二级动力学

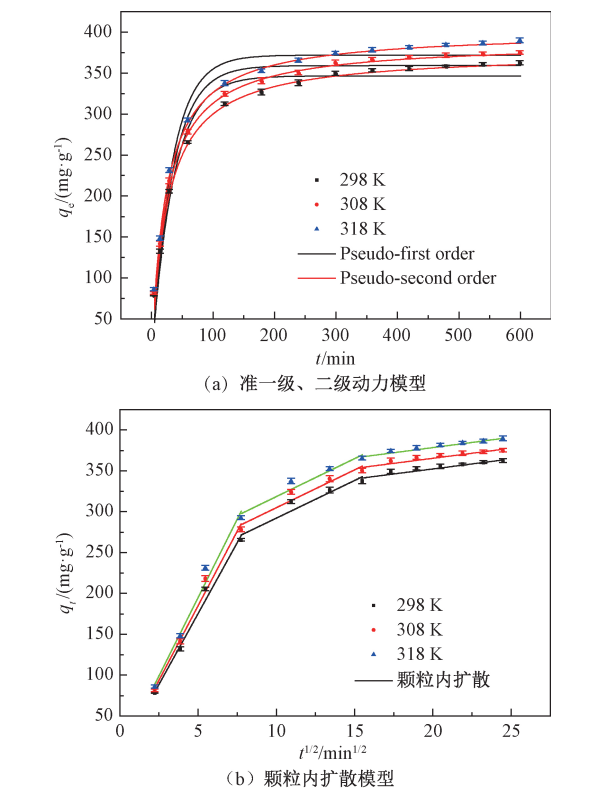


图 3 准一级、准二级动力学模型和颗粒内扩散模型对罗丹明 B 吸附实验数据的回归曲线

Figure 3 Regression curves of experimental data for RhB adsorption with pseudo first-order, pseudo second-order and intra-particle diffusion kinetic models

表 6 吸附动力学参数

Table 6 Parameters of adsorption kinetic model

模型	参数	298 K	308 K	318 K
准一级动力学方程	$k_1/(\text{min}^{-1})$	0.028 4	0.029 6	0.030 9
	$q_{cal}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	346.52	359.19	371.92
	R^2	0.968 2	0.968 5	0.968 8
准二级动力学方程	$k_2/(\text{g} \cdot (\text{mg} \cdot \text{min})^{-1})$	1.06×10^{-4}	1.07×10^{-4}	1.08×10^{-4}
	$q_{cal}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	375.52	388.36	401.28
	$q_{exp}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	361.37	374.21	388.91
	R^2	0.996 4	0.997 2	0.996 9
	$k_{it}/(\text{mg} \cdot (\text{g} \cdot \text{min}^{1/2})^{-1})$	34.68	36.46	38.36
颗粒内扩散	$C_1/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	1.99	2.69	3.21
	R_1	0.994 5	0.979 7	0.991 9
	$k_{i2}/(\text{mg} \cdot (\text{g} \cdot \text{min}^{1/2})^{-1})$	9.21	9.26	9.30
	$C_2/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	200.04	212.31	225.55
	R_2	0.967 7	0.968 8	0.974 8
	$k_{i3}/(\text{mg} \cdot (\text{g} \cdot \text{min}^{1/2})^{-1})$	2.45	2.46	2.51
	$C_3/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	303.19	316.06	328.29
	R_3	0.953 8	0.944 3	0.982 5

模型的相关系数 $R^2 > 0.996$, 吸附速率常数随温度的增加而增加,高温有利于吸附进行,并且 q_{cal} 值与 q_{exp} 值比较接近,说明准二级动力学模型可以很好地描述该吸附过程。准一级动力学模型 $R^2 <$

0.97,不适合描述该吸附过程。

从图 3(b)可以看出,吸附过程可分为以下 3 个阶段:第一阶段,罗丹明 B 分子被转移到吸附剂的外表面,吸附速率较高;第二阶段吸附速率较慢,是颗粒内扩散过程;第三阶段为吸附平衡过程。第一阶段的 k_{t1} 明显高于其他两个阶段,且 $C_1 < C_2 < C_3$ 。另外,这 3 条线均没有通过原点,说明在罗丹明 B 的吸附过程中,颗粒内扩散并不是唯一的速度控制步骤,边界层扩散可能也会对吸附行为产生影响。

2.5 SEM 分析

Fe/Cu 纳米复合材料的 SEM 图见图 4。从图 4 可以看出,Fe/Cu 纳米复合材料呈颗粒状,平均粒径为 150~500 nm。Fe/Cu 纳米复合材料具有一定的团聚现象,这可能是由于红薯叶提取物是多种天然化合物的混合物,在制备过程中多酚和黄酮对材料的聚集有影响^[8]。

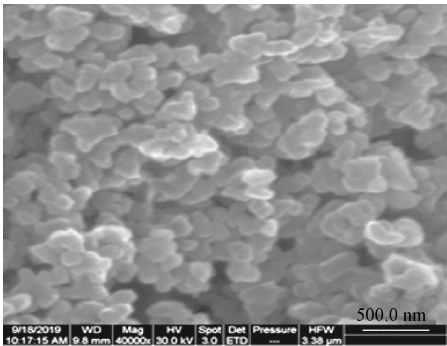


图 4 Fe/Cu 纳米复合材料的 SEM 图
Figure 4 The SEM image of Fe/Cu nanocomposites

2.6 吸附机理

RhB 分子上的羧基和 Fe/Cu 纳米复合材料表面所含羟基或羰基形成的氢键是吸附的主要作用力。RhB 也通过表面络合吸附在 Fe/Cu 纳米复合材料上。此外,Fe/Cu 纳米复合材料表面的 π 电子和 RhB 所含苯环的 π 电子之间形成的 $\pi-\pi$ 相互作用以及静电作用也对吸附有一定的影响。

3 结论

以红薯叶提取物为原料,采用绿色方法合成了一种新型 Fe/Cu 纳米复合材料。利用响应面分析法优化出吸附罗丹明 B 的最佳条件为吸附时间 507 min、吸附剂用量 0.2 g/L、pH=5.61。结果表明:Sips 模型可以很好地描述 Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附,并且该吸附行为是自

发进行的,升高温度有利于 Fe/Cu 纳米复合材料对罗丹明 B 的吸附。动力学数据符合准二级动力学模型,颗粒内扩散和边界层扩散联合控制着吸附过程。本研究促进了可再生资源在新型吸附剂合成中的应用,为净化染料废水提供了一种简便易行的方法。

参考文献:

[1] 方芳,张璐璐,张明婷,等. 核桃壳吸附法去除水中罗丹明 B 的响应曲面优化及机理[J]. 净水技术, 2019, 38(2): 77-85.

[2] 刘琦,陈嘉磊,张启灵,等. 稻壳灰吸附剂对罗丹明 B 的吸附性能研究[J]. 化学研究与应用, 2019, 31(8): 1482-1491.

[3] 韩润平,房丽燕,李小钰,等. 聚乙烯亚胺负载四氧化三铁对刚果红的吸附性能[J]. 郑州大学学报(工学版), 2019, 40(2): 59-65.

[4] MICHAEL-KORDATOU I, KARAOLIA P, FATTA-KASSINOS D. The role of operating parameters and oxidative damage mechanisms of advanced chemical oxidation processes in the combat against antibiotic-resistant bacteria and resistance genes present in urban wastewater[J]. Water research, 2018, 129:208-230.

[5] BHUNIA S K, JANA N R. Reduced graphene oxide-silver nanoparticle composite as visible light photocatalyst for degradation of colorless endocrine disruptors [J]. ACS applied materials & interfaces, 2014, 6(22): 20085-20092.

[6] DIMITRIJEVIĆ A, JOCIĆ A, ZEC N, et al. Improved single-step extraction performance of aqueous biphasic systems using novel symmetric ionic liquids for the decolorisation of toxic dye effluents[J]. Journal of industrial and engineering chemistry, 2019, 76: 500-507.

[7] AHMAD R, GUO J, KIM J. Structural characteristics of hazardous organic dyes and relationship between membrane fouling and organic removal efficiency in fluidized ceramic membrane reactor [J]. Journal of cleaner production, 2019, 232: 608-616.

[8] WANG T, JIN X Y, CHEN Z L, et al. Green synthesis of Fe nanoparticles using eucalyptus leaf extracts for treatment of eutrophic wastewater [J]. Science of the total environment, 2014, 466-467: 210-213.

[9] WEI Y F, FANG Z Q, ZHENG L C, et al. Biosynthesized iron nanoparticles in aqueous extracts of eichhornia crassipes and its mechanism in the hexavalent chromium removal[J]. Applied surface science, 2017, 399: 322-329.

[10] LUO F, YANG D, CHEN Z L, et al. The mechanism

- for degrading orange II based on adsorption and reduction by ion-based nanoparticles synthesized by grape leaf extract[J]. *Journal of hazardous materials*, 2015, 296: 37–45.
- [11] ZHANG P, HOU D Y, O'CONNOR D, et al. Green and size-specific synthesis of stable Fe-Cu oxides as earth-abundant adsorbents for malachite green removal [J]. *ACS sustainable chemistry & engineering*, 2018, 6:9229–9236.
- [12] SEBEIA N, JABLI M, GHITH A. Biological synthesis of copper nanoparticles, using nerium oleander leaves extract: characterization and study of their interaction with organic dyes[J]. *Inorganic chemistry communications*, 2019, 105: 36–46.
- [13] CHEN X Y, LI H P, LIU W Y, et al. Effective removal of methyl orange and rhodamine B from aqueous solution using furfural industrial processing waste: furfural residue as an eco-friendly biosorbent[J]. *Colloids and surfaces A: physicochemical and engineering aspects*, 2019, 583:123976.
- [14] LIU X D, TIAN J F, LI Y Y, et al. Enhanced dyes adsorption from wastewater via Fe_3O_4 nanoparticles functionalized activated carbon [J]. *Journal of hazardous materials*, 2019, 373: 397–407.
- [15] LIU Y. Is the free energy change of adsorption correctly calculated? [J]. *Journal of chemical & engineering data*, 2009, 54(7): 1981–1985.

Adsorption Characteristics of Fe/Cu Nanocomposites to Rhodamine B

JIA Ruijuan¹, WANG Yucui¹, CHANG Chun^{1,2}, HAN Xiuli^{1,2}

(1.School of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2.Henan Center for Outstanding Overseas Scientists, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Fe/Cu nanocomposites prepared from sweet potato leaves were investigated for the removal of Rhodamine B(RhB) from aqueous solution. The effects of various parameters such as adsorption time, adsorbent dosage and pH were optimized by response surface methodology (RSM). The adsorption equilibrium data were well fitted with Sips model, and the thermodynamic study indicated that the adsorption process was a spontaneous endothermic process. The pseudo-second order kinetics model could describe well the adsorption process of RhB onto Fe/Cu nanocomposites. At 298 K, the maximum adsorption capacity of Fe/Cu nanocomposites for RhB was 484.18 mg/g, indicating that Fe/Cu nanocomposites had a good application in RhB waste water treatment.

Key words: Rhodamine B; Fe/Cu nanocomposites; response surface methodology; sweet potato leaf; adsorption

(上接第 25 页)

Preparation and Properties of Novel N, S-Codoped Microporous Carbon

CHUI Ningbo, HUANG Jiajia, YUAN Siguo, TIAN Zhihong

(School of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: N, S-Co doped microporous carbons (CPCT-X) were prepared by potassium hydroxide activation method at different carbonization temperatures using porous organic polymer (PCT) synthesized by a simple Friedel-Crafts alkylation reaction between melamine and thiophene as carbon precursors. The effect of carbonization temperature on the BET and pore sizes was investigated, and the CO_2 capture and electrochemistry properties of CPCT-X with different pore structures and N, S contents were also conducted. The results suggested that CPCT-X had a large specific surface area ($1\,629\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$) and high micropore porosity (96.7%), and showed a good CO_2 capture performance at the carbonization temperature of 600 °C (5.5 mmol/g, 273 K, 0.1 MPa). Meanwhile, the specific capacity could reach 210 F/g at a current density of 0.5 A/g when the carbonization temperature was 700 °C.

Key words: porous materials; microporous carbon; co doping; CO_2 adsorption; supercapacitors