

文章编号:1671-6833(2020)05-0021-05

新型 N、S 共掺杂微孔碳材料的制备及性能研究

炊宁博, 黄佳佳, 原思国, 田志红

(郑州大学 化工学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 以三聚氯氰和噻吩为反应单体, 通过简单的傅克烷基化反应制备含 N、S 多孔有机聚合物 (PCT), 进而以 PCT 为碳前驱体, 采用氢氧化钾活化法在不同温度下碳化得到 N、S 共掺杂微孔碳材料 (CPCT-X), 研究碳化温度对材料比表面积和孔径的影响规律, 并考察具有不同孔结构和杂原子含量微孔碳材料的 CO₂ 捕集性能和电化学性能。结果表明: CPCT-X 具有较大的比表面积 (1 629 m²·g⁻¹) 和高微孔孔隙率 (96.7%), 碳化温度为 600 ℃ 时, 具有最好的 CO₂ 捕集性能 (5.5 mmol/g, 273 K, 0.1 MPa); 同时, CPCT-X 具有很好的超电性能, 当碳化温度为 700 ℃ 时, 比电容可达 210 F/g (电流密度为 0.5 A/g)。

关键词: 多孔材料; 微孔碳; 共掺杂; CO₂ 吸附; 超级电容器

中图分类号: TQ028.2 文献标志码: A doi:10.13705/j.issn.1671-6833.2020.05.002

0 引言

多孔碳材料由于具有超高的比表面积、优异的热稳定性和化学稳定性、可调的孔结构和孔隙率等优势, 在气体吸附和分离、光电催化、能量存储和转化等领域具有广阔的应用前景^[1-3]。其中多孔碳材料的化学组成可调和孔结构可控的特点促使其成为 CO₂ 捕集和电化学储能等领域最有应用前景的材料之一^[4]。

根据合成方法的不同, 多孔碳材料的制备可以分为水热法、活化法、模板法等^[5-6]。模板法作为合成结构有序碳材料最常用的方法之一, 通过采用不同模板调控多孔碳的孔结构, 进而得到结构合适、孔径均一的碳材料。然而, 模板法的步骤繁琐、耗时长、成本较高, 从而限制了其广泛应用^[7]。因此, 开发廉价简便的无模板法具有重要意义。通过微孔有机聚合物碳化得到多孔碳材料的方法, 由于微孔聚合物合成方法简单、单体结构选择多样、孔结构可调等优点得到了迅速的发展和广泛的关注^[8], 为多孔碳材料的设计提供了新的方法和思路。

孔结构和孔表面化学共同决定多孔碳材料的性能。杂原子掺杂可以调控碳骨架与客体分子之

间的相互作用力^[9]。微孔聚合物的单体含有各种杂原子, 可以通过控制单体的比例等因素实现杂原子的可控和高效掺杂。N 元素是多孔碳材料最常见也是最有效的掺杂方式, 由于 N 原子的电负性较大, 从而可以有效改变孔道微环境, 提高材料极性, 增加催化活性位点, 提高电子传输速率^[10]。双杂原子共掺杂可以进一步调控多孔碳材料的化学组成和孔结构, 且 N、S 共掺杂的碳材料因其 N 和 S 杂原子之间的协同效应而具有更加优异的性能^[11-12]。

本文通过傅克烷基化反应, 以噻吩和三聚氯氰为反应单体, 无水三氯化铝为催化剂, 一步合成含 N 和 S 的微孔有机聚合物 (PCT), 进一步将 PCT 碳化制备 N、S 共掺杂微孔碳材料。重点研究了不同碳化温度对微孔碳材料在 CO₂ 捕集和超电领域应用性能的影响。

1 实验

1.1 试剂与仪器

三聚氯氰 (AR, Aladdin), 噻吩 (AR, Aladdin), 无水三氯化铝 (AR, Aladdin), 二氯乙烷 (AR, 国药), KOH (AR, 国药)。

采用 Thermo Nicolet iS50 FT-IR 红外光谱仪和

Thermo Flash EA 1112 元素分析仪表征样品的化学结构,采用 NETZSCH STA 449 F3 同步热分析仪对样品的热稳定性进行分析,采用 Hitachi S4800 扫描电子显微镜观察样品的微观形貌,使用 CS310 电化学工作站对样品进行电化学性能表征,采用 Micro-meritics ASAP 2420-4MP 自动表面积和孔径分析仪表征样品的孔结构和 CO₂ 吸附性能。

1.2 微孔聚合物前体 PCT 的制备

在 N₂ 气氛下,将三聚氯氰(1.48 g, 8 mmol)加入 60 mL 1,2-二氯乙烷中,搅拌均匀后在冰浴中冷却至 0 ℃,加入噻吩(0.92 mL, 12 mmol)和无水 AlCl₃(3.2 g, 24 mmol),搅拌反应 3 h,然后升温至 78 ℃,保持 48 h。反应结束后,自然冷却至室温,粗产物经过滤后依次使用甲醇、丙酮和乙醇洗涤 3 次。再将得到的固体产物放入 300 mL 6 mol/L 的 HCl 溶液中搅拌 8 h,用蒸馏水洗至中性,随后用甲醇抽提 24 h。80 ℃ 下真空干燥 18 h 得到最终产物,标记为 PCT。

1.3 氮硫共掺杂微孔碳 CPCT 的制备

将 PCT 和 KOH 以 1:4 的质量比研磨均匀,然后分散于 95% 乙醇中,超声 4 h。旋蒸去除溶剂后,固体 80 ℃ 真空干燥 18 h,在 N₂ 气氛下碳化 2 h,升温速率为 2 ℃/min,然后冷却至室温。用 2 mol/L HCl 溶液洗涤去除过量 KOH,然后用蒸馏水洗至中性,80 ℃ 下真空干燥 12 h 后得到最终产物,标记为 CPCT-X,其中 X(5、6、7)代表碳化温度(500、600、700 ℃)。

1.4 电极制备及测试

将 0.2 g 微孔碳材料 CPCT-X 与乙炔黑在研钵中研磨 30 min,使其混合均匀,滴加聚四氟乙烯乳液(三者质量比为 8:1:1),然后滴加少量乙醇并混合均匀,呈浆状,倒于锡箔片上,制成片状,于烘箱中 120 ℃ 烘干。将片状材料从锡箔片上揭下,剪成 1 cm×1 cm 的小块,称重后置于清洁的泡沫镍前端,将其翻折后使活性材料在两层泡沫镍之间,使用压片机压成电极,然后对 CPCT-X 电极的电化学性能进行测试。

2 结果与讨论

2.1 材料结构和形貌表征

以噻吩和三聚氯氰为反应单体,无水 AlCl₃ 为催化剂,通过简单的傅克烷基化反应一步合成含 N 和 S 杂原子的微孔聚合物 PCT(图 1)。

从 PCT 的红外谱图(图 2(a))中可以明显观察到 C=N(1 626 cm⁻¹和 1 575 cm⁻¹)和 C—N

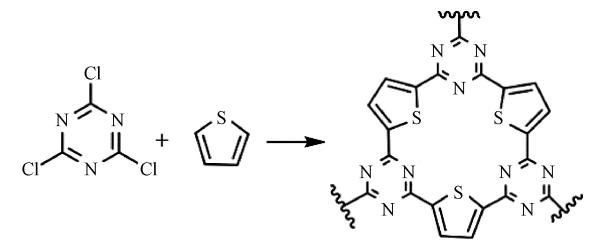


图 1 PCT 结构示意图

Figure 1 The structure of the PCT

(1 396 cm⁻¹)的特征吸收峰,说明三嗪环在聚合物结构中得到保持^[13]。同时,噻吩环上 C—S—C 的不对称伸缩振动吸收峰(1 167 cm⁻¹和 1 081 cm⁻¹)也说明了噻吩环被成功引入所制得微孔聚合物网络中。PCT 在 Ar 气氛中 260 ℃ 以下几乎没有失重(图 2(b)),说明微孔聚合物材料的热稳定性优异。在 700 ℃ 时,聚合物的残余率依然达到 56%,说明所得聚合物具有很高的得碳率,可以作为碳材料的前驱体。

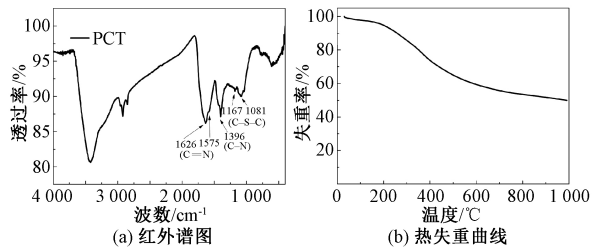


图 2 碳前驱体 PCT 的红外谱图和热失重曲线

Figure 2 FTIR spectrum and TGA curve of PCT

在不同温度条件下,采用氢氧化钾活化法碳化制备得到一系列 N、S 共掺杂微孔碳材料(CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7)。从元素分析结果(表 1)可以看出,聚合物和碳材料均含有 N 和 S 杂原子,而碳化后杂原子的含量明显减少,说明成功得到 N、S 共掺杂的微孔碳材料。从扫描电镜照片(图 3)可以看到,N、S 共掺杂微孔碳材料(CPCT-7)呈无规状,表面布满丰富的孔洞结构。

表 1 PCT 和 CPCT-X 的元素质量分数分析

Table 1 Element analysis of PCT and CPCT-X

样品	% w()			
	C	N	S	H
PCT	56.57	6.61	10.5	4.98
CPCT-5	75.41	1.02	2.28	3.61
CPCT-6	82.83	1.09	1.08	3.43
CPCT-7	78.44	1.04	4.04	3.70

2.2 N、S 共掺杂微孔碳孔结构表征

从 PCT 的 N₂ 吸附-脱附等温线(图 4)可以看出,在低相对压力下,PCT 的 N₂ 吸附量上升明显,表明 PCT 含有微孔结构。在中压范围内,脱

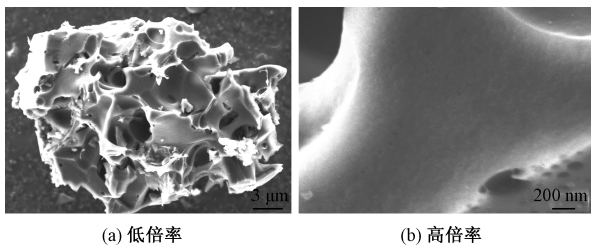


图 3 CPCT-7 的 SEM 图像

Figure 3 SEM images for the CPCT-7

附曲线在吸附曲线之上,说明 PCT 含有介孔。在高相对压力下,PCT 的氮气吸附量进一步升高,证明样品中有介孔或大孔的存在^[14]。PCT 的比表面积相对较低,仅为 64 m²/g。

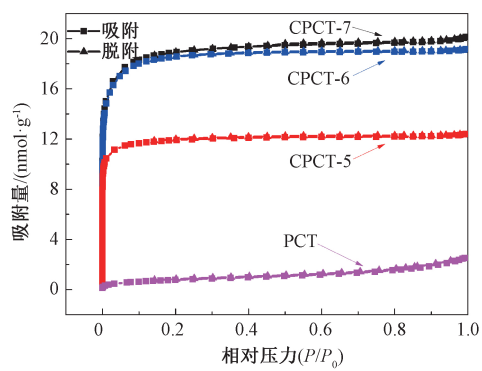


图 4 PCT 和 CPCT-X 的氮气吸附-脱附等温线

Figure 4 N₂ adsorption-desorption isotherms for PCT and CPCT-X

表 2 CPCT-X 的孔性质

Table 2 Textural properties of CPCT-X

样品	$S_{\text{BET}}^a/(\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1})$	$S_{\text{mic}}/(\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1})$	$V_{\text{t}}/(\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1})$	累计孔体积/ $(\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1})$				
				0.7 nm	1.0 nm	1.08 nm	1.14 nm	2 nm
CPCT-5	1 050	1 007	0.42	0.26	0.29	0.31	0.35	0.38
CPCT-6	1 599	1 547	0.65	0.23	0.31	0.37	0.44	0.62
CPCT-7	1 629	1 548	0.71	0.21	0.31	0.37	0.43	0.62

注: S_{BET}^a 为采用 BET 方法且使用 N₂ 吸附等温线进行计算的微孔比表面积; S_{mic} 为使用 t-plot 法计算的微孔比表面积; V_{t} 为 $P/P_0=0.99$ 时的总孔体积。

PCT 碳化后得到的微孔碳材料 CPCT-X 在低压区(图 4),氮气吸附等温线呈垂直上升,吸附量远高于 PCT,说明 CPCT-X 含有大量的微孔结构。另外 CPCT-X 的吸附和脱附曲线几乎重合,表明 CPCT-X 可以对氮气分子进行可逆吸附和脱附。

CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7 的 BET 比表面积随着碳化温度的升高而提高,分别为 1 050 m²/g、1 599 m²/g 和 1 629 m²/g。当温度升高到 600 ℃ 时,微孔碳骨架的比表面积和孔体积明显增加(表 2),一方面是因为更高的温度有利于 PCT 的分解和热聚,另一方面高温可以促使碳酸钾进一步分解生成 CO₂,从而提高 CPCT-X 的孔隙度^[15]。CPCT-6 的比表面积为 CPCT-5 的 1.53 倍,而 CPCT-7 的比表面积与 CPCT-6 相差不大,考虑节能因素,600 ℃ 为最佳碳化温度。与此同时,CPCT-X 的孔径绝大部分位于 2 nm 以内,微孔孔隙率分别达到 95.9%、96.7%、95.0%,远高于其他文献报道的微孔碳材料^[16]。高的微孔孔隙率可以为客体分子提供有效的空间,提高此类微孔碳材料的应用性能。

2.3 N、S 共掺杂微孔碳材料的 CO₂ 吸附性能

CPCT-X 在 273 K 和 298 K 下对 CO₂ 的吸附性能如图 5 和表 3 所示。CPCT-6 对 CO₂ 具有很高的吸附量,可达 5.5 mmol/g(273 K,0.1 MPa)

和 3.2 mmol/g(298 K,0.1 MPa),优异的 CO₂ 吸附性能与材料的杂原子掺杂和丰富的微孔具有直接关系。尤其是超微孔(<0.7 nm)对 CO₂ 的吸附性能起关键作用。在 0.015 MPa 下,CPCT-X 在 273 K 和 298 K 的 CO₂ 吸附量均与超微孔的体积呈正比关系。

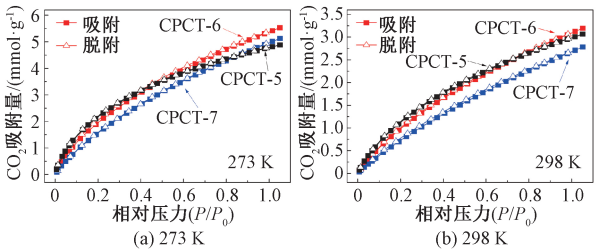


图 5 CPCT-X 的 CO₂ 吸附-脱附等温线

Figure 5 CO₂ adsorption-desorption isotherms of CPCT-X

表 3 CPCT-X 的 CO₂ 吸附量

Table 3 CO₂ adsorption capacities of CPCT-X

样品	CO ₂ 吸附量/ $(\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1})$			
	0 ℃ , 0.1 MPa	25 ℃ , 0.1 MPa	0 ℃ , 0.015 MPa	25 ℃ , 0.015 MPa
CPCT-5	4.9	3.1	1.9	0.9
CPCT-6	5.5	3.2	1.6	0.8
CPCT-7	5.1	2.8	1.3	0.6

从 CPCT-X 对 CO₂ 的等量吸附热(Q_{st})曲线

(图 6) 可以看出,在低 CO₂ 覆盖下,CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7 的 CO₂ 吸附热分别为 33.3 kJ/mol、31.5 kJ/mol 和 31.0 kJ/mol,与它们的超微孔体积的大小趋势一致,说明超微孔体积可以影响材料的吸附热,改变材料与 CO₂ 之间的作用力,从而提高 CO₂ 的吸附量。

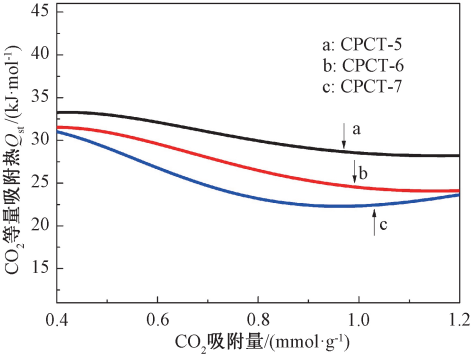


图 6 CPCT-X 的等量吸附热

Figure 6 The isosteric heat (Q_{st}) of CPCT-X

2.4 N 和 S 共掺杂微孔碳超级电容器性能

采用三电极体系对 CPCT-X 的电化学性能进行表征,电压为-1~0 V,电解质为6 mol/L KOH 溶液。从图 7 中可以看出,CPCT-6 有近似矩形的循环伏安曲线,证明 CPCT-6 具有双电层电容储能机理,即电荷在其表面为吸附和脱附过程。另外,由于 N 和 S 杂原子的掺杂,在材料中引入了部分赝电容,从而导致矩形形状的轻微扭曲。在 200 mV/s 的扫速下,材料的循环伏安曲线形状得到较好的保持,说明 CPCT-6 具有较好的倍率稳定性性能。

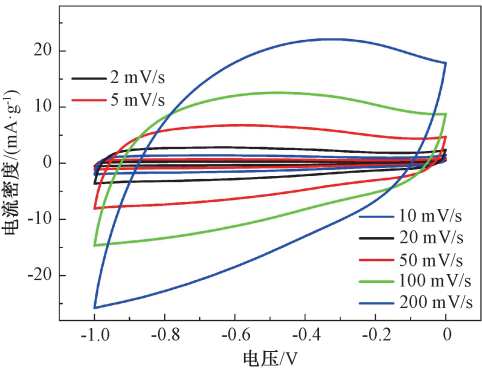


图 7 不同扫速下 CPCT-6 的 CV 曲线

Figure 7 The CV curves of CPCT-6 at different scan rates

从恒流充放电曲线图 8(a) 可以看出,在 1 A/g 电流密度下,CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7 的恒流充放电曲线呈等腰三角形的形状,并具有轻微的弧,证明了 CPCT-X 的储能机理中双电层电容和赝电容同时存在,其中双电层电容占主导地位,与

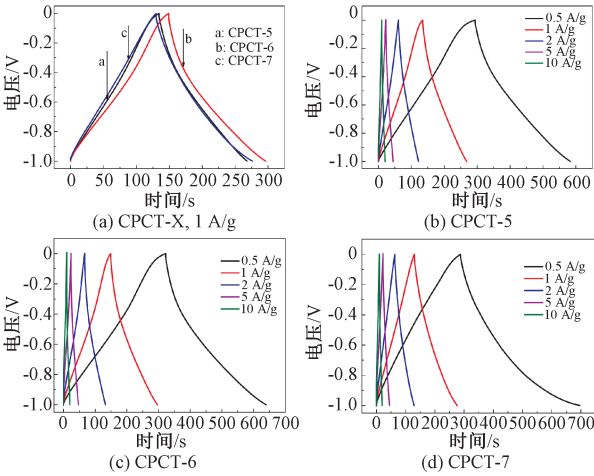


图 8 CPCT-X 在 1 A/g 电流密度下以及 CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7 在不同电流密度下的恒流充放电曲线
Figure 8 Galvanostatic charge/discharge curves of the CPCT-X electrodes at a current density of 1 A/g and CPCT-5, CPCT-6, CPCT-7 at different current densities

前面的结果相吻合。同时随着电流密度的增加,CPCT-X 的充放电曲线依然保持典型的三角形形状,如图 8(b)~8(d) 所示,说明样品具有较好的电容行为。通过计算,在电流密度为 1 A/g 下,CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7 的比电容 (C_m) 分别为 137、154、152 F/g。 C_m 值随着充放电电流密度的增大呈减小趋势,主要是因为离子在高电流密度下不易扩散,难以渗透到材料内部,充放电行为无法完全进行。相对 1 A/g,当电流密度增加到 10 A/g 时,CPCT-5、CPCT-6 和 CPCT-7 的 C_m 保持率分别达到 83%、85% 和 75%,说明 CPCT-X 具有较好的倍率性能。这主要是因为碳材料中 N 和 S 共掺杂协同效应提高了材料的表面极性,从而减小了电解液离子的电阻;同时,N、S 两种杂原子可以充当活性位点,在充放电过程中引入赝电容。另外,材料丰富的孔结构有利于电解质离子的快速转移和扩散。在低电流密度 0.5 A/g 下,CPCT-7 具有高的比电容,可达 210 F/g,然而其倍率性能最低,这可能与材料的 S 含量有关。相对于 CPCT-5 和 CPCT-6 而言,CPCT-7 的硫含量最高,过高的 S 原子含量可能会加剧碳材料石墨化结构的扭曲和破坏,从而导致导电性降低,其倍率稳定性随之下降。从 CPCT-X 的交流阻抗谱图(图 9)中可以看到,这 3 种材料在低频区的斜率很高,在高频区的半圆也不明显,说明它们的内阻较小。

3 结论

以噻吩和三聚氯氰为单体,通过简单的傅克

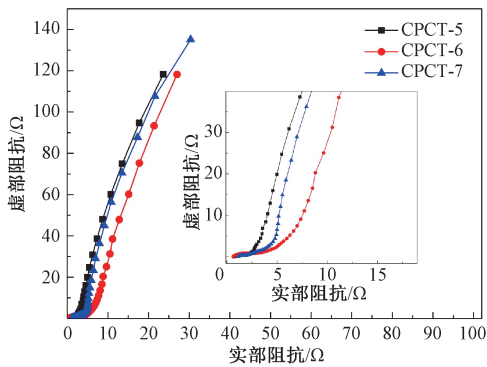


图 9 CPCT-X 的 Nyquist 曲线

Figure 9 Nyquist plots of CPCT-X

烷基化反应一步合成含 N、S 微孔聚合物,并进一步碳化得到 N、S 共掺杂的微孔碳材料。该碳材料具有较大的比表面积($1\,050\sim1\,629\text{ m}^2/\text{g}$)和超高的微孔孔隙率($95.0\%\sim96.7\%$),并具有优异的 CO_2 吸附性能,在 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 下对 CO_2 的吸附量分别为 $4.9\sim5.5\text{ mmol/g}$ 和 $2.8\sim3.2\text{ mmol/g}$,杂原子掺杂和超微孔结构对材料的 CO_2 吸附性能具有关键作用。同时,所得 N、S 共掺杂微孔碳还具有很好的超级电容器性能,当电流密度为 0.5 A/g 时,材料的比电容最高可达 210 F/g 。N 和 S 的掺杂增强了材料的亲水性,减小了电解液离子的电阻,材料丰富的孔结构有利于电解质离子的快速转移和扩散。

参考文献:

[1] WICKRAMARATNE N P, JARONIEC M. Activated carbon spheres for CO_2 adsorption[J]. ACS applied materials & interfaces, 2013, 5(5): 1849-1855.

[2] TIAN Z H, HUANG J J, ZHANG Z L, et al. Organic-inorganic hybrid microporous polymers based on Octa-phenylecyclotetrasiloxane: synthesis, carbonization and adsorption for CO_2 [J]. Microporous and mesoporous materials, 2016, 234: 130-136.

[3] LIU J, WICKRAMARATNE N P, QIAO S Z, et al. Molecular-based design and emerging applications of nanoporous carbon spheres [J]. Nature materials, 2015, 14(8): 763.

[4] BING X F, WEI Y J, WANG M, et al. Template-free synthesis of nitrogen-doped hierarchical porous carbons for CO_2 adsorption and supercapacitor electrodes[J]. Journal of colloid and interface science, 2017, 488: 207-217.

[5] LAKHI K S, PARK D H, AL-BAHILY K, et al. Mesoporous carbon nitrides: synthesis, functionalization, and applications[J]. Chemical society reviews, 2017, 46(1): 72-101.

[6] MA G F, YANG Q, SUN K J, et al. Nitrogen-doped porous carbon derived from biomass waste for high-performance supercapacitor [J]. Bioresource technology, 2015, 197: 137-142.

[7] WU D C, DONG H C, PIETRASIK J, et al. Novel nanoporous carbons from well-defined poly (styrene-co-acrylonitrile)-grafted silica nanoparticles [J]. Chemistry of materials, 2011, 23(8): 2024-2026.

[8] TAN L X, TAN B E. Hypercrosslinked porous polymer materials: design, synthesis, and applications [J]. Chemical society reviews, 2017, 46 (11): 3322-3356.

[9] UPPUGALLA S, MALE U, SRINIVASAN P. Design and synthesis of heteroatoms doped carbon/polyaniline hybrid material for high performance electrode in supercapacitor application [J]. Electrochimica acta, 2014, 146: 242-248.

[10] LI W Z, LI B Y, SHEN M, et al. Use of Gemini surfactant as emulsion interface microreactor for the synthesis of nitrogen-doped hollow carbon spheres for high-performance supercapacitors[J]. Chemical engineering journal, 2020, 384:123309.

[11] BAIRI V G, NASINI U B, RAMASAHAYAM S K, et al. Electrocatalytic and supercapacitor performance of phosphorous and nitrogen co-doped porous carbons synthesized from aminated tannins[J]. Electrochimica acta, 2015, 182: 987-994.

[12] JIA Q, YANG C, PAN Q Q, et al. High-voltage aqueous asymmetric pseudocapacitors based on methyl blue-doped polyaniline hydrogels and the derived N/S-codoped carbon aerogels [J]. Chemical engineering journal, 2020, 383: 123153.

[13] TROSCHE E, GRÄTZ S, LÜBKEN T, et al. Mechanochemical Friedel-Crafts alkylation—A sustainable pathway towards porous organic polymers [J]. Angewandte chemie, 2017, 129(24): 6963-6967.

[14] TIAN Z H, HEIL T, SCHMIDT J, et al. Synthesis of a porous C_3N -derived framework with high yield by gallic acid cross-linking using salt melts[J]. ACS applied materials & interfaces, 2020, 12(11): 13127-13133.

[15] SRINIVAS G, BURRESS J, YILDIRIM T. Graphene oxide derived carbons (GODCs): synthesis and gas adsorption properties[J]. Energy & environmental science, 2012, 5(4): 6453-6459.

[16] LI Z H, WU D C, LIANG Y R, et al. Facile fabrication of novel highly microporous carbons with superior size-selective adsorption and supercapacitance properties [J]. Nanoscale, 2013, 5 (22): 10824-10828.

- 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