

粉煤灰合成纳米 Y 沸石及其 吸附 Cr(VI) 动力学的研究

刘若妍^{1,2}, 邹丽霞^{1,2*}, 曹小红^{1,2}, 黄 前^{1,2}, 杨 焯^{1,2}

(1. 东华理工大学化学生物与材料科学学院, 江西 南昌 330013;
2. 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室, 江西 南昌 330013)

摘要:粉煤灰用碱煅烧并通过超声辅助老化和原位水热法制备了 Y 型纳米沸石 (NFA-Y), 该工艺中不添加任何有机模板剂和其他硅铝源。利用 XRD、SEM 和 BET 分析了合成的纳米 Y 沸石的形貌、结晶度、结构和比表面积, 分析了超声时长对 Y 沸石形貌和晶相的影响。结果表明, 超声老化有利于水热合成纳米 Y 沸石, 使其形貌更规则、粒子分散性更好、晶粒可能更小。合成的沸石比表面积为 $508 \text{ m}^2/\text{g}$, 孔体积为 $0.342 \text{ cm}^3/\text{g}$, 晶粒尺寸约为 80 nm。通过静态吸附实验探究了 Y 型沸石对 Cr(VI) 的吸附特性, 结果表明, 其吸附动力学符合准二级动力学模型。

关键词:粉煤灰; 纳米 Y 沸石; 超声; 吸附

中图分类号: X505

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2021)11-0173-06

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2021.11.036

Synthesis of nano zeolite Y from fly ash and study on its adsorption kinetics to Cr(VI)

LIU Ruo-yan^{1,2}, ZOU Li-xia^{1,2*}, CAO Xiao-hong^{1,2}, HUANG Qian^{1,2}, YANG Chuo^{1,2}

(1. College of Chemistry, Biology and Material Science, East China University of Technology, Nanchang 330013, China; 2. State Key Laboratory of Nuclear Resources and Environment, East China University of Technology, Nanchang 330013, China)

Abstract: Zeolite Y nanoparticles (NFA-Y) is obtained through calcining fly ash by alkaline, and applying ultrasound-assisted aging and using situ hydrothermal synthesis method without using any organic template, Si source or Al source. The morphology and crystallinity, structure, specific surface area of the obtained zeolite Y nanoparticles is determined by means of X-ray powder diffraction (XRD) analysis, scanning electron microscopy (SEM) and nitrogen adsorption surface analyzer (BET). The effects of the time spent in ultrasonic aging on the morphology and crystallinity of zeolite Y are investigated. Experimental results demonstrate the ultrasonic aging is helpful to hydrothermal synthesis of nanocrystal zeolite Y, making it have a more regular morphology, better dispersion of particles and possibly smaller crystal sizes. The zeolite Y synthesized under the optimal conditions has a specific surface area of $508 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, a pore volume of $0.342 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, a crystal grain size of 80 nm. The adsorption characteristics of zeolite Y to Cr(VI) in aqueous solution are studied via static adsorption experiments, and it is shown that it is in accordance with the quasi second order kinetic model.

Key words: fly ash; nanocrystal zeolite Y; ultrasound; adsorption

粉煤灰 (CFA) 是发电厂燃煤的副产物^[1], 主要由 α 石英 (SiO_2)、莫来石 ($2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$)、赤铁矿 ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) 和磁铁矿 (Fe_3O_4) 等非晶态材料组成^[2-4]。中国是一个以煤炭为主要能源的国家^[5], 自 2017 年以来, 粉煤灰年产量超过 6.8 亿 t, 到 2020 年底将达到 9 亿 t。大量的粉煤灰被储存起来污染空气、土壤和水^[6]。因此, 粉煤灰的无害化处理一直是一个热门课题。以环境友好的方式处理粉煤灰

并资源化利用、变废为宝是很重要的。粉煤灰富含硅铝源, 是合成沸石的理想原料^[7-8]。沸石是一种晶体铝硅酸盐, 其最基本的结构单元是硅氧 (SiO_4) 四面体和铝氧 (AlO_4) 四面体。不同个数的四面体组成环, 不同的环再按一定的规则相连形成多种形状的三维多面体, 多面体通过排列形成不同的立方晶体结构。因此, 沸石分子筛有较好的热稳定性、大量的微孔和比表面积, 常用作吸附剂、离子交换剂、

收稿日期: 2020-12-07; 修回日期: 2021-09-04

基金项目: 江西省科技厅资助项目 (20171BBE50031); 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室开放基金项目 (2020NRE32); 东华理工大学研究生创新基金项目 (DHYC-202024)

作者简介: 刘若妍 (1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向为污水处理, 1229849048@qq.com; 邹丽霞 (1963-), 女, 博士, 教授, 研究方向为无机化学, 通讯联系人, lxzou@ecut.edu.cn。

催化载体等,在工农业生产、环境治理等领域中都有着很广泛的应用。近些年,研究人员一直致力于利用 CFA 作为硅铝源合成不同类型的分子筛,如八方沸石(FAU)、尖晶石(LTA)^[9]、Na-P1^[10]、NaA^[11]、ZSM-5^[12-13]、NaP^[10-14]、X 沸石^[15-17]和 Na-Y 沸石^[18-20],Reinoso^[21]采用超声辅助老化法合成 FAU 分子筛等。粉煤灰为原料合成的分子筛大多为微米级。与微米沸石相比,纳米沸石具有更高的离子交换能力、更快的交换速度、更高的比表面积、更大的吸附容量^[7]。笔者在不添加模板剂和其他硅铝源,仅仅使用粉煤灰硅铝源结合超声波老化法水热合成了纳米 Y 沸石,减少了制备成本与模板剂产生的污染。并将合成的 Y 沸石应用于 Cr(VI) 的吸附研究。

1 实验部分

1.1 材料

粉煤灰来源于江西丰城火力发电厂,用 X 射线荧光光谱仪(XRF, RIX2100, Rigaku, Co.)测定了预处理后粉煤灰的化学成分,结果如表 1 所示;氢氧化钠,AR,北京北方精细化工有限公司生产。

表 1 粉煤灰的化学组分

组成	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	C	其他
质量分数/%	45.59	24.28	2.64	8.53	10.47	8.49

1.2 沸石的制备

将粉煤灰与 NaOH 按 1:2 均匀混合于坩埚中。混合样品经高温煅烧 2 h,冷却至室温,将所得产物研磨至 200 目以下,与蒸馏水混合,搅拌 2 h,然后在水浴(40 kHz, 240 W)中超声一定时间,再常温下老化 20 h。将老化的白色凝胶转移到 100 mL 的不锈钢合金高压釜中,加入一定量的 NaOH 溶液,在 100℃ 下反应一定时间。待产品冷却到室温,经过滤,用去离子水洗涤至 pH 为 9~10,于 80℃ 干燥 24 h,制得纳米 Y 型分子筛,并对其物理性能进行表征。

1.3 样品表征与分析

利用粉末 X 射线衍射仪分析样品的晶相;利用 Hitachi(S-450 型)扫描电子显微镜(日本电子公司生产)、日本 JEM-2010 透射电镜观察样品形貌;利用 asap2010-M 表面分析仪测定样品在低温(77 k)下的 N₂ 等温吸附曲线,用 BET 方程计算样品的比表面积,用 BJH 模型计算样品的孔体积。

1.4 吸附实验

1.4.1 吸附实验步骤

将重铬酸钾(K₂Cr₂O₇)溶于蒸馏水中,配制

Cr(VI)溶液。用 HNO₃/NaOH 溶液调节 Cr(VI)溶液 pH。采用静态吸附法将 0.5 g 合成的纳米 Y 沸石与 20 mL 不同浓度的 Cr(VI)溶液在摇床中振荡 24 h。然后快速取出离心,ICP-AES 法测定最终溶液的铬离子浓度。去除率和吸附容量计算式分别为:

去除率:

$$R = [(C_0 - C_e)/C_0] \times 100\% \quad (1)$$

吸附容量:

$$q_e = [(C_0 - C_e) \times V]/W \quad (2)$$

式中: C₀ 为 Cr(VI) 的初始质量浓度, mg/L; C_e 为 Cr(VI) 平衡时的质量浓度, mg/L; Q_e 为平衡时纳米 Y 沸石单位质量吸附 Cr(VI) 离子的量, mg/g; m 为吸附剂质量, g; V 为溶液的吸附体积, L。

1.4.2 吸附模型

常用的吸附模型为 Langmuir 模型与 Freundlich 模型。

Langmuir 模型:

$$Q_e = K_L Q_0 C_e / (1 + K_L C_e) \quad (3)$$

式中: Q₀ 为饱和吸附容量, mg/g; K_L 为 Langmuir 常数, L/mg。

Freundlich 模型:

$$Q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (4)$$

式中: K_F 为与吸附容量相关的平衡常数; n 为 Freundlich 吸附常数。

1.4.3 吸附动力学

吸附动力学方程式为:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (5)$$

$$t/q_t = 1/k_2 q_e^2 + t/q_e \quad (6)$$

其中, q_e 为吸附平衡时的吸附量, mg/g; q_t 为某时刻 t 的吸附容量, mg/g; k₁ 为准一级动力学方程的吸附速率常数, min⁻¹; k₂ 为准二级动力学方程的吸附速率常数, g/(mg·min)。

2 结果与讨论

2.1 粉煤灰分析

粉煤灰的 SEM 图如图 1 所示。

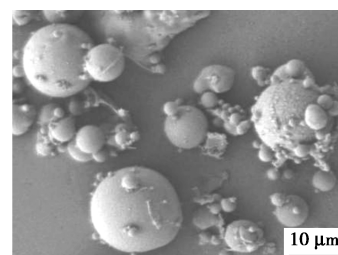


图 1 粉煤灰 SEM 图

由图 1 中可以看出,粉煤灰的主要结构为多孔球状颗粒,颗粒粒度约为 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ 。

粉煤灰的 X 射线衍射图如图 2 所示。

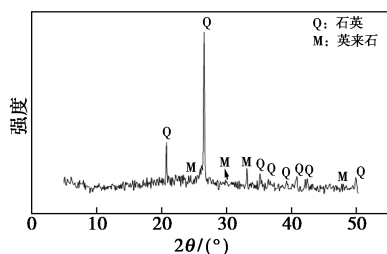


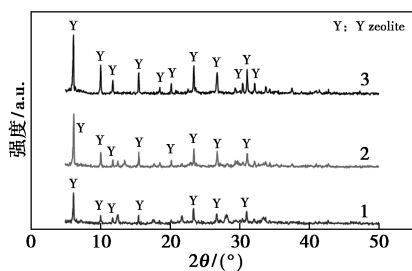
图 2 粉煤灰 XRD 图谱

从图 2 中可以看出,在 2θ 分别为 24.97° 、 30.96° 、 33.23° 、 49.47° 和 2θ 分别为 20.86° 、 26.64° 、 36.54° 、 39.47° 、 40.29° 、 42.45° 、 50.14° 处分别出现莫来石 (PDF#15-0776) 和石英 (PDF#85-0798) 的衍射峰,表明粉煤灰的晶相成分主要为莫来石和石英。

2.2 纳米 Y 型沸石的分析

2.2.1 超声老化的影响

超声老化 0、3 h 和 6 h 合成的沸石样品的 X 射线衍射图如图 3 所示。由图 3 中可以看出,所有样品均为纯的 Y 沸石,但采用超声老化处理的样品具有较好结晶度,超声老化导致样品结晶度逐渐增强,当超声 6 h 时,样品的特征衍射峰最高。这是因为:一方面超声作用于硅铝凝胶体系,使得体系由不均匀且无序逐渐转变为均匀且有序;另一方面超声空化产生高能冲击波,有助于自由基的形成,在结晶过程中利于初级成核和晶体生长。



1—0 h; 2—3 h; 3—6 h

图 3 超声老化的影响

超声老化不同时间水热合成的 Y 沸石的 TEM 图如图 4 所示。由图 4 中可以看出,超声老化时间不同,合成的沸石颗粒具有不同的形貌。从图 4(a) 中可以看出,在老化阶段未采用超声波处理合成的样品颗粒形状不明显,颗粒分布不均匀,有明显的团聚现象。由图 4(b) 中可以看出,超声 3 h 的沸石样品无明显团聚现象,处于成核结晶过程,颗粒形貌趋

于规整。由图 4(c) 中可以看出,超声 6 h 颗粒呈现出良好的四方体,纳米晶形态规则、分散性好,样品粒径约为 80 nm。因此,与传统方法相比,采用超声辅助老化方法制备的沸石颗粒呈紧密的纳米晶聚集体,形貌规整,颗粒分布均匀,分散性好,且粒径略有减小。

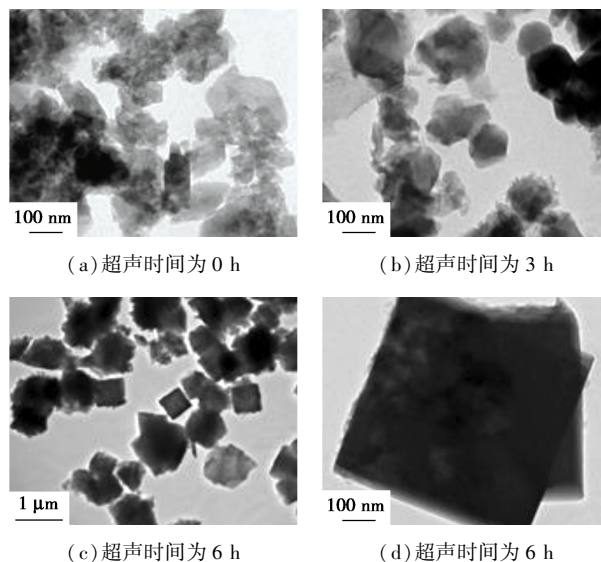
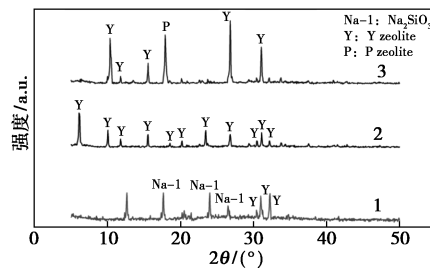


图 4 超声老化不同时间合成的 Y 沸石 TEM 图

2.2.2 晶化时间的影响

晶化时间对合成沸石样品的影响如图 5 所示。由图 5 中可以看出,晶化时间为 10 h 时, Y 沸石衍射峰开始出现,但此时 XRD 峰强度较弱,这是由于晶化还处于诱导期,晶体生长还不完全。随着水热时间的延长,样品的 X 射线衍射峰强度呈上升趋势;水热晶化 24 h 时, XRD 峰强度较高,合成产物为 Y 沸石晶体,无其他杂晶衍射峰出现;随着水热时间延长至 26 h,出现了 P 沸石特征衍射峰。可见, 100°C 水热 24 h 是合成纳米晶 Y 沸石的适宜条件。



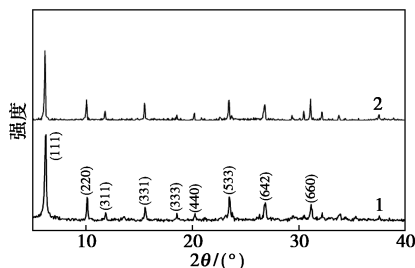
1—晶化时间为 10 h; 2—晶化时间为 24 h; 3—晶化时间为 26 h

图 5 水热时间对样品 XRD 的影响

2.3 产品分析

合成纳米 Y 沸石样品和标准 Y 沸石的 XRD 图

如图 6 所示。

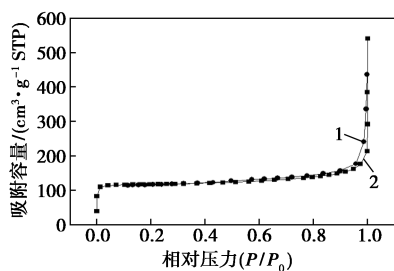


1—合成的纳米 Y 沸石;2—标准 Y 沸石

图 6 标准 Y 沸石与合成样品 Y 沸石的 X 射线衍射图

从图 6 可知,合成的纳米 Y 沸石 XRD 特征峰与标准 Y 沸石 XRD 图谱完全一致,且无其他杂峰出现。

样品 Y 型纳米沸石的氮吸附-解吸等温线和孔径分布图分别如图 7、图 8 所示



1—解吸;2—吸附

图 7 Y 型纳米沸石的 N₂ 吸附-解吸等温线

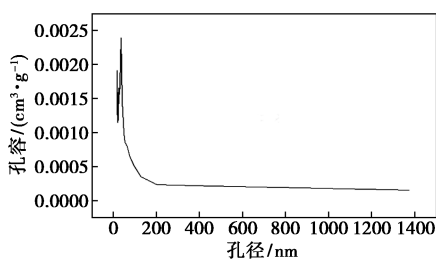


图 8 Y 型纳米沸石的孔径分布

从图 7 可以看出,样品表现出 I 型和 IV 型等温线的组合,在较宽的相对压力 (p/p_0) 范围内 (0.6~1.0) 具有滞后环。在 p/p_0 升高处出现滞后环,说明合成的 Y 型纳米沸石还含有大孔结构,这是由于 Y 型沸石晶体之间团聚堆积所产生的晶间空隙而产生了中大孔隙。用 BET 法和 BJH 法计算得到样品比表面积为 $508.2 \text{ m}^2/\text{g}$,比孔体积为 $0.342 \text{ cm}^3/\text{g}$ 。

从以上分析结果可知,该实验合成的样品为 Y 沸石。

2.4 对 Cr(VI) 的吸附实验

2.4.1 pH 的影响

在温度为 25°C 、Y 沸石质量为 0.5 g 、Cr(VI) 初始质量浓度为 50 mg/L 、用量为 50 mL 时,合成的 Y 沸石吸附 Cr(VI) 的实验结果如图 9 所示。

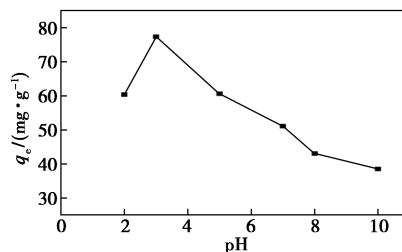


图 9 pH 对吸附 Cr(VI) 的影响

由图 9 中可以看出,当 pH 为 2~3 时,沸石对铬吸附量较大,在 pH 为 3 时,吸附容量达最大值,为 77.31 mg/g ;当 $\text{pH} > 3$ 时,吸附量逐渐下降。这是因为在不同溶液 pH 条件下,Cr(VI) 的存在形态不同。当溶液 $\text{pH} < 3$ 时,溶液中 Cr(VI) 是以 HCrO_4^- 形态存在为主;当 pH 在 3~6 范围内,Cr(VI) 存在形态主要为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 和 HCrO_4^- ,随着 pH 的进一步增加, HCrO_4^- 会全部转化成 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 。而 HCrO_4^- 的自由能低于 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$,有利于吸附。因此沸石对铬的吸附量在 $\text{pH} = 3$ 最大;当 $\text{pH} > 3$,吸附量随着 pH 的增加而降低;且随着 pH 的增加, OH^- 会与 Cr(VI) 产生竞争吸附,也导致 Cr(VI) 吸附量降低。因此,以 pH 为 3 作为后续实验条件。

2.4.2 吸附等温线

在 35°C 、pH 为 3 时,Cr(VI) 初始质量浓度 (0~200 mg/L) 对吸附结果的影响如图 10 所示。

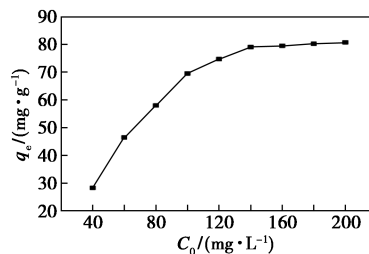


图 10 初始质量浓度对吸附量的影响

由图 10 中可以看出,当 Cr(VI) 质量浓度为 180 mg/L ,最大吸附容量为 80.64 mg/g 。

依据图 10 中的数据并按式 (3)~式 (6) 分别拟合建立了 Freundlich 与 Langmuir 吸附等温线,结果如图 11、图 12 所示。2 种不同吸附模型下纳米 Y 沸石的吸附结果如表 2 所示。

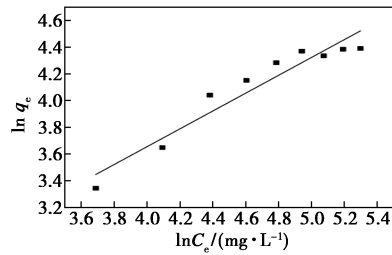


图 11 Freundlich 吸附等温线

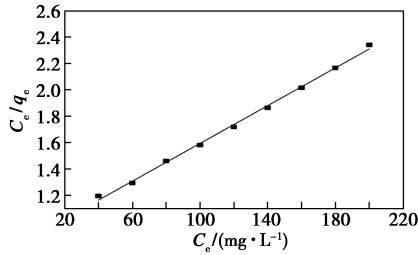


图 12 Langmuir 吸附等温线

表 2 吸附等温式的拟合结果

等温线方程		参数		
Langmuir	Cr(VI)	$Q_0/(mg \cdot g^{-1})$	K_L	R^2
		85.91	0.01326	0.99715
Freundlich	Cr(VI)	n	$K_F/(mg \cdot g^{-1})$	R^2
		1.49	2.66373	0.91543

从表 2 中可以得出, Langmuir 吸附等温式的拟合系数(R^2)要稍高于 Freundlich 吸附等温式, 说明吸附过程是单分子层吸附。

2.4.3 吸附动力学

根据式(5)、式(6)计算并经数据处理后的结果分别如图 13、图 14 所示。对图 13 和图 14 数据进行拟合, 结果如表 3 所示。

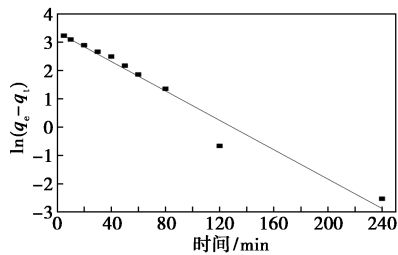


图 13 准一级动力学模型

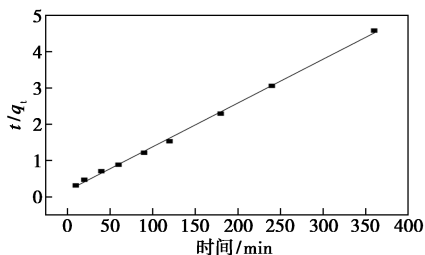


图 14 准二级动力学模型

表 3 吸附动力学模型拟合结果

准二级动力学方程				
参数	$q_e/(mg \cdot g^{-1})$	$q_2/(mg \cdot g^{-1})$	$K_2/[g \cdot (mg \cdot min)^{-1}]$	R^2
数值	80.64	82.85	8.58×10^{-3}	0.99836
准一级动力学方程				
参数	$q_1/[g \cdot (mg \cdot min)^{-1}]$	K_1	R^2	
数值	27.61	5.65×10^{-3}	0.91334	

注: 质量浓度为 180 mg/L, 温度为 35℃。

从表 3 可知, Y 型纳米沸石对 Cr(VI) 吸附动力学更符合准二级动力学模型。

3 结论

以粉煤灰为原料, 不添加任何模板剂和其他硅铝源, 采用超声波辅助老化法, 通过调节水热反应中 NaOH 浓度和水热时间, 成功地合成了纯的 Y 型纳米晶沸石并应用于水溶液中 Cr(VI) 的吸附。经 XRD、SEM、TEM、BET 等表征, 结果表明, 合成的纯 Y 型分子筛尺寸约 80 nm, 呈立方晶形貌, 比表面积为 508.2 m²/g, 孔容为 0.342 cm³/g。该吸附动力学均符合准二级动力学模型。

参考文献

- [1] Temuujin J, Surenjav E, Ruescher C H, et al. Processing and uses of fly ash addressing radioactivity (critical review) [J]. Chemosphere, 2019, 216: 866-882.
- [2] Shi Y, Jiang K X, Zhang T A. Cleaner extraction of alumina from coal fly ash; Baking-electrolysis method [J]. Fuel, 2020, 273: 117697-117703.
- [3] Vu D H, Bui H B, Kalantar B, et al. Composition and morphology characteristics of magnetic fractions of coal fly ash wastes processed in high-temperature exposure in thermal power plants [J]. Applied Sciences, 2019, 9: 1964-1985.
- [4] Rawat K, Yadav A K, et al. Characterization of coal and fly ash (generated) at coal based thermal power plant [J]. Materials Today: Proceedings, 2020, (2): 292-312.
- [5] Ren X, Qu R, Liu S, et al. Synthesis of zeolites from coal fly ash for removal of harmful gaseous pollutants; A review [J]. Aerosol and Air Quality Research, 2020, 20: 1127-1144.
- [6] Wang N, Sun X, Zhao Q, et al. Leachability and adverse effects of coal fly ash; A review [J]. Journal of Hazardous Materials, 2020, 396: 122725-122811.
- [7] Bukhari S S, Behin J, Kazemian H, et al. Conversion of coal fly ash to zeolite utilizing microwave and ultrasound energies; A review [J]. Fuel, 2015, 140: 250-266.
- [8] Yang L, Hongman S, Youhe W, et al. Green routes for synthesis of zeolites [J]. Progress in Chemistry, 2015, 5: 503-510.
- [9] Kunecki P, Panek R, Wdowin M, et al. Synthesis of faujasite

- (FAU) and tschernichite (LTA) type zeolites as a potential direction of the development of lime Class C fly ash [J]. *International Journal of Mineral Processing*, 2017, 166: 69–78.
- [10] Bandura L, Kolodyńska D, Franus W, *et al.* Adsorption of BTX from aqueous solutions by Na-P1 zeolite obtained from fly ash [J]. *Process Safety and Environmental Protection*, 2017, 109: 214–223.
- [11] Ameh A E, Fatoba O O, Musyoka N M, *et al.* Influence of aluminium source on the crystal structure and framework coordination of Al and Si in fly ash-based zeolite NaA [J]. *Powder Technology*, 2017, 306: 17–25.
- [12] Missengue R N M, Losch P, Sedres G, *et al.* Transformation of South African coal fly ash into ZSM-5 zeolite and its application as an MTO catalyst [J]. *Comptes Rendus Chimie*, 2017, 20: 78–86.
- [13] Huang L, Qin F, Huang Z, *et al.* Hierarchical ZSM-5 zeolite synthesized by an ultrasound-assisted method as a long-life catalyst for dehydration of glycerol to acrolein [J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, 55: 7318–7327.
- [14] Behin J, Bukhari S S, Kazemian H, *et al.* Developing a zero liquid discharge process for zeolitization of coal fly ash to synthetic NaP zeolite [J]. *Fuel*, 2016, 171: 195–202.
- [15] Sivalingam S, Sen S, *et al.* Optimization of synthesis parameters and characterization of coal fly ash derived microporous zeolite X [J]. *Applied Surface Science*, 2018, 455: 903–910.
- [16] Rasouli M, Yaghoobi N, Hafezi M, *et al.* Adsorption of divalent lead ions from aqueous solution using low silica nano-zeolite X [J]. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2012, 18: 1970–1976.
- [17] Hums E, Musyoka N M, Baser H, *et al.* In-situ ultrasound study of the kinetics of formation of zeolites Na-A and Na-X from coal fly ash [J]. *Research on Chemical Intermediates*, 2014, 41: 4311–4326.
- [18] Krongkrachang P, Thungngern P, Asawaworarit P, *et al.* Synthesis of Zeolite Y from Kaolin via hydrothermal method [J]. *Materials Today: Proceedings*, 2019, 17: 1431–1436.
- [19] Kosheleva L S, Titova T L, *et al.* The effect of the temperature of Na-Y zeolite treatment with ethylenediaminetetraacetic acid on its structure. pdf [J]. *Russian Chemical Bulletin*, 1993, 42: 655–659.
- [20] Elwakeel K Z, El-Bindary A A, Kouta E Y, *et al.* Retention of copper, cadmium and lead from water by Na-Y-Zeolite confined in methyl methacrylate shell [J]. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2017, 5: 3698–3710.
- [21] Reinoso D, Adrover M, Pedernera M, *et al.* Green synthesis of nanocrystalline Faujasite Zeolite [J]. *Ultrason-Sonochem*, 2018, 42: 303–309.
- [22] Ojumu T V, Du Plessis P W, Petrik L F, *et al.* Synthesis of zeolite A from coal fly ash using ultrasonic treatment—A replacement for fusion step [J]. *Ultrason Sonochem*, 2016, 31: 342–349.
- [23] Kiss A A, Geertman R, Wierschem M, *et al.* Ultrasound-assisted emerging technologies for chemical processes [J]. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 2018, 93: 1219–1227.
- [24] Inada M, Tsujimoto H, Eguchi Y, *et al.* Microwave-assisted zeolite synthesis from coal fly ash in hydrothermal process [J]. *Fuel*, 2005, 84: 1482–1486.
- [25] Hu Y, Liu C, Zhang Y, *et al.* Microwave-assisted hydrothermal synthesis of nanozeolites with controllable size [J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2009, 119: 306–314.
- [26] Andaç Ö, Tather M, Sirkecioglu A, *et al.* A. Erdem-senatalar, effects of ultrasound on zeolite A synthesis [J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2005, 79: 225–233. ■

巴斯夫与蜂巢能源达成合作在全球推进电池材料开发及电池回收

10月25日,巴斯夫与蜂巢能源宣布在双方全球运营范围内就正极材料开发、原材料供应、电池回收等方面达成合作。此次合作也将提升双方在可持续发展电池材料领域的研发实力,并巩固双方在中国这个最大的电池市场及全球范围内的核心竞争力。

此外,双方合作将助力中国双碳目标,加速全球迈向碳中和的步伐。巴斯夫与蜂巢能源也会评估双方在上游资源方面的合作,巩固原材料供应的稳定性。

巴斯夫催化剂业务部总裁彼德·舒马赫博士表示:“此次与蜂巢能源的战略合作将进一步加强我们在快速增长的电池材料市场中的优势地位。作为全球领先的电池材料供应商,巴斯夫是蜂巢能源的理想伙伴,为其先进电池技术提供量身定制的高性能正极活性材料。”

蜂巢能源董事长兼 CEO 杨红新表示:“与巴斯夫的战略合作是蜂巢能源布局全球上下游产业链的重要一环。此次战略合作将帮助双方在电池供应链上形成优

势互补,夯实正极材料研发实力和创新能力,持续推动在动力电池领域的品类创新和核心竞争力。”

作为汽车行业全球最大的化学品供应商,巴斯夫已经在正极活性材料市场拥有领先地位:包括全球生产及研发布局、丰富的产品组合(包括中高镍、富锰及无钴正极活性材料)等。在欧洲,巴斯夫依托领先的工艺技术、稳定的本地原材料供应链、先进的生产能源组合以及短途、高效物流运输优势,生产正极活性材料并确保行业领先的低碳排放。巴斯夫通过与合作伙伴密切合作,加快创新、助力打造可持续发展的全球电池价值链。

蜂巢能源是全球动力电池行业的高科技企业,在中国无锡、保定、上海、深圳和日本、韩国、印度等地建立七大研发中心。其独特的高速叠片工艺、高安全性无钴电池、固态电池、车规级 AI 智能制造等处于全球领先水平,同时积极拓展上下游产业链,努力打造全球新能源行业。

(吕敏)