

后处理法制备多级孔 Y 型分子筛及其加氢裂化性能研究

魏麟骄¹, 李学进^{2*}, 陈艳红¹, 程光南¹

(1. 中国石油大学胜利学院, 山东 东营 257601; 2. 松山湖材料实验室, 广东 东莞 523808)

摘要:以柠檬酸和乙二酸四乙酸二钠(EDTA-2Na)为复合改性剂,通过后处理法制备出具有多级孔结构的 Y 分子筛。在保证分子筛结晶度的同时,柠檬酸和 EDTA-2Na 可有效脱除骨架铝和六配位非骨架铝物种。改性后 Y 分子筛的骨架硅铝摩尔比 $[n(\text{SiO}_2)/n(\text{Al}_2\text{O}_3)]$ 提高 1 倍,结晶度仅降低 1.3%;分子筛的比表面积得到有效提高,介孔含量明显增加,并且连通性更好。以其作为酸性组分制备的加氢裂化催化剂,馏分油总收率比商业 USY 分子筛提高 6.5%。

关键词:Y 分子筛;复合脱铝;加氢裂化;多级孔分子筛

中图分类号:TE64

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2020)03-0190-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2020.03.041

Preparation of hierarchical Y-type zeolite by post-treatment and study on its catalytic performance in hydrocracking

WEI Lin-jiao¹, LI Xue-jin^{2*}, CHEN Yan-hong¹, CHENG Guang-nan¹

(1. Shengli College, China University of Petroleum, Dongying 257601, China;

2. Songshan Lake Materials Laboratory, Dongguan 523808, China)

Abstract: A series of hierarchical Y-type zeolites are prepared by a post-treatment method through using citric acid and disodium ethylenediaminetetraacetate dihydrate (EDTA-2Na) as compound modifying agent. Framework Al and hexacoordinated non-framework aluminum in the zeolite can be effectively removed by citric acid and EDTA-2Na, while the crystallinity of Y-type zeolite can be well maintained. As a result, the Si/Al molar ratio of modified Y-type zeolite is twice that of commercialized Y-type zeolite while the crystallinity only decreases by 1.3%. Both the specific surface area and mesopores volume increase obviously as well. Finally, the modified Y-type zeolite is used as an acid component to prepare the hydrocracking catalyst, over which the yield of distillate oil increases 6.5 percentage compared to that over commercialized Y-type zeolite.

Key words: Y-type zeolite; compound dealumination; hydrocracking; hierarchical zeolite

Y 分子筛具有良好的热和水热稳定性以及可调节的酸性,广泛应用于 FCC、加氢裂化以及烷基化工艺中^[1]。催化剂在加氢裂化技术中起着至关重要的作用,其产品馏分分布主要受酸性组分的影响,Y 分子筛为常用的酸性组分。当前,由于轻质原油的减产,石油加工原料日趋重质化,石油精制面临着严重的挑战^[2]。传统的 Y 分子筛主要为微孔结构,限制了反应物和产物的扩散,随着原料油的重质化,制备具有多级孔结构的 Y 分子筛是减小扩散限制和提高催化剂性能的有效途径^[3-5]。通过直接合成的方式在 Y 分子筛中引入介孔存在一定的挑战^[6-7],尤其是需要使用有机模板剂。由于后处理法如水热、酸处理、碱处理等方法具有成本低、易于制备等

优点,因此在工业生产中通过后处理的方式引入介孔是一种非常具有前景的途径。

笔者以商业 USY 为原料,采用后处理法制备出具有多级孔结构的 Y 分子筛,并以二次孔含量最高的 Y 分子筛样品作为酸性组分制备加氢裂化催化剂,考察其加氢裂化性能。

1 实验部分

1.1 原料

Y 分子筛,工业级,硅铝摩尔比 $[n(\text{SiO}_2)/n(\text{Al}_2\text{O}_3)]$ 为 9.4, MNS-0 系列,山东齐鲁华信高科有限公司生产;乙二酸四乙酸二钠(记为“EDTA-2Na”),CP,国药集团生产;一水合柠檬酸,AR,国药

收稿日期:2019-05-08;修回日期:2020-01-05

作者简介:魏麟骄(1990-),女,硕士研究生,助教,主要从事工业催化研究,ww278614188@163.com;李学进(1990-),男,博士研究生,主要从事储能材料研究,通讯联系人,lxjupe@gmail.com。

集团生产。

1.2 Y分子筛的制备

以商业 USY 分子筛为母体分子筛,用“USY”表示。将 5 g 商业 USY 分子筛加入到 250 mL 的三口烧瓶中,加入 50 mL 的 0.3 mol/L 的 EDTA-2Na 溶液,于 80℃ 下强力搅拌反应 4 h。所得白色分子筛浆液经过滤、洗涤至中性,在 110℃ 烘箱中干燥 12 h 得到产品,以“DAY-1”表示。将 5 g 商业 USY 分子筛加入到 250 mL 的三口烧瓶中,加入 50 mL 的 0.3 mol/L 的柠檬酸溶液,于 80℃ 下强力搅拌反应 4 h。所得白色分子筛浆液过滤、洗涤至中性,在 110℃ 烘箱中干燥 12 h 得到产品,以“DAY-2”表示。将 5 g 商业 USY 分子筛加入到 250 mL 的三口烧瓶中,同时加入 25 mL 的 0.3 mol/L 的柠檬酸溶液和 25 mL 的 0.3 mol/L 的 EDTA-2Na 溶液,反应 4 h。所得白色分子筛浆液过滤,洗涤至中性,在 110℃ 烘箱中干燥 12 h 得到产品,以“DAY-3”表示。

1.3 分子筛的表征

利用荷兰 Philips X'pert Pro Alpha Diffractionmeter 型 X 射线衍射仪 (Cu 靶 K α 射线, $\lambda = 0.154\ 2\ \text{nm}$, $2\theta = 5 \sim 70^\circ$, 操作电压为 40 kV, 操作电流为 40 mA) 对分子筛试样进行 XRD 表征。利用美国 Micromeritics 公司生产的 Tristar 3000 型吸附仪对样品进行 N₂ 吸-脱附测试,分子筛样品比表面积、介孔孔容和比表面积、微孔孔容与比表面积分别由 BET 方程、BJH 法和 t-plot 法计算得到。利用 Bruker Advance 400 型核磁共振仪表征铝、硅的原子配位方式 (扫描频率为 104.0 MHz, 单次扫描 0.3 μs ($\pi/20^\circ$), 循环扫描时间 0.30 s)。利用 JEOL JEM2100 型透射电子显微镜观察分子筛形貌。

1.4 催化剂的制备

分别将 USY 分子筛、DAY-3 分子筛、 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 和无定型 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 按照一定比例混合后挤条,干燥、焙烧后得到加氢裂化催化剂载体。采用饱和浸渍法负载金属组分 Ni 和 W,再次干燥、焙烧得到加氢裂化催化剂,分别以“Cat-USY”和“Cat-DAY-3”表示。

1.5 催化剂评价

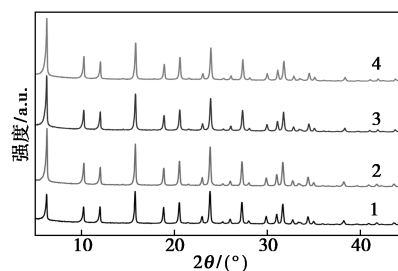
催化剂 Cat-USY 和 Cat-DAY-3 的加氢裂化性能评价在 100 mL 固定床试验装置上进行,催化剂装填量为 100 mL。反应前用煤油+2% CS₂ 对催化剂进行硫化处理 (氢气分压为 6.0 MPa、新氢量 2 500 mL/min),于 230℃ 下硫化 12 h;再升温至

300℃ 硫化 12 h。硫化结束后进行催化剂评价,反应条件:温度为 380℃、氢气分压为 10.0 MPa、氢油比为 800:1、体积空速为 1.5 h⁻¹,所对应的产品油分别为“Cat-USY#产品油”和“Cat-DAY-3#产品油”。

2 结果与讨论

2.1 X 射线衍射分析

脱铝前后 Y 分子筛试样的 XRD 谱图如图 1 所示,分子筛样品的晶体结构参数如表 1 所示。



1—USY; 2—DAY-1; 3—DAY-2; 4—DAY-3

图 1 脱铝前后 Y 分子筛试样的 XRD 谱图

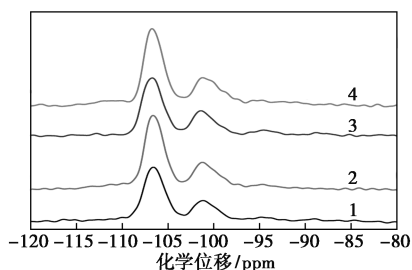
表 1 分子筛晶体结构参数

样品	晶胞参数/nm	$n(\text{SiO}_2) : n(\text{Al}_2\text{O}_3)$	相对结晶度/%
USY	24.485	9.4	67.1
DAY-1	24.465	10.2	78.5
DAY-2	24.387	15.0	66.0
DAY-3	24.351	18.8	65.8

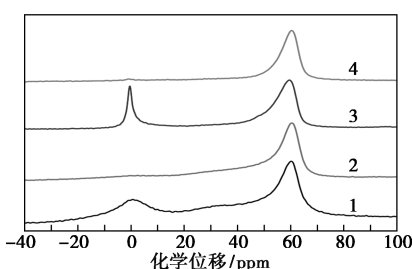
从图 1 可以看出,经脱铝制备的 3 种分子筛均保留了八面沸石 Y 型分子筛的晶体结构。将通过脱铝制备出的 DAY-1、DAY-2、DAY-3 与母体 Y 分子筛的 XRD 谱图进行对比发现,样品对应特征峰依次向高角度偏移,说明分子筛的晶胞参数依次减小,硅铝摩尔比升高^[8]。从表 1 中可以看出,DAY-1 相比商业 USY 分子筛骨架硅铝摩尔比略有提高的同时相对结晶度提高 11%,这是由于 EDTA-2Na 在脱除少量骨架铝的同时可以有效脱除非骨架铝物种。与试样 USY 相比,DAY-2 的骨架硅铝摩尔比由 9.4 提高至 15.0,相对结晶度仅降低 1.1%,说明柠檬酸对骨架铝物种具有很好的络合作用,并且采用适当浓度的柠檬酸脱铝并不会破坏 Y 分子筛的晶体结构。试样 DAY-3 与商业 USY 相比骨架硅铝摩尔比由 9.4 提高至 18.8,增加 1 倍,相对结晶度仅降低 1.3%,说明柠檬酸和 EDTA-2Na 试剂复合可以在有效脱除骨架铝的同时保持分子筛的晶体结构。

2.2 ²⁹Si MAS NMR 和 ²⁷Al MAS NMR 表征

脱铝前后 Y 分子筛试样的 ²⁹Si MAS NMR 谱图和 ²⁷Al MAS NMR 谱图如图 2 所示。



(a) ²⁹Si MAS NMR 谱图



(b) ²⁷Al MAS NMR 谱图

1—USY; 2—DAY-1; 3—DAY-2; 4—DAY-3

图 2 脱铝前后 Y 分子筛试样的 ²⁹Si MAS NMR 谱图和 ²⁷Al MAS NMR 谱图

由图 2 (a) 可以看出, 化学位移为 -112 ~ -89 ppm 范围内的 5 个信号峰依次归属为 Si₄Si (SiO₂)、Si(0Al, 4Si)、Si(1Al, 3Si)、Si(2Al, 2Si)、Si(3Al, 1Si) 的分子筛骨架单元结构^[9-10]。经高斯分峰拟合后, 所处不同化学环境硅原子所占相对比例及骨架硅铝摩尔比如表 2 所示。与脱铝前 USY 分子筛相比, 试样 DAY-1 在化学位移为 -112 ppm (SiO₂) 处的信号峰消失, 说明非骨架硅在后处理制备过程中被完全脱除。DAY-2 和 DAY-3 的谱图上均出现无定型 SiO₂ 信号峰且其所占比例略有增加, 同时 Si(1Si, 3Al) 信号峰消失, 结合 X 射线衍射结果分析, 这与柠檬酸骨架脱铝能力强导致部分骨架键的断裂有关。

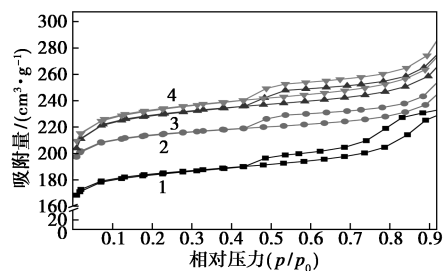
表 2 核磁法测得不同配位环境的铝/硅原子摩尔比例

样品	Al/%				Si/%			
	Al(VI)	Al(V)	Al(IV)	SiO ₂	Si(0Al)	Si(1Al)	Si(2Al)	Si(3Al)
USY	21.5	38.0	40.5	5.3	59.5	24.8	7.4	3.0
DAY-1	11.5	17.0	71.5	0.0	65.1	26.3	5.9	2.8
DAY-2	27.8	13.8	58.4	7.1	59.7	27.6	5.6	0.0
DAY-3	3.8	10.7	85.4	6.7	60.4	27.3	5.6	0.0

由图 2(b) 并依据文献[11-12] 可以看出, 化学位移 35~65 ppm 处为四配位骨架铝共振吸收峰; 化学位移 35~40 ppm 处为五配位非骨架铝物种的共振吸收峰; 化学位移 -20~20 ppm 处归属于不同聚合态的六配位非骨架铝物种吸收峰, 分峰拟合并计算后得到不同配位环境 Al 原子摩尔比如表 2 所示。脱铝后分子筛试样的峰形与脱铝前分子筛试样显著不同, 非骨架铝含量明显降低。试样 DAY-2 与脱铝前 USY 分子筛相比, 六配位非骨架铝的信号峰明显增强, 其相对含量增加, 而五配位非骨架铝的信号峰变弱, 说明柠檬酸对五配位铝物种的络合作用较强, 且在此脱铝过程中发生了离子态的铝向聚合态铝物种的转变。试样 DAY-1 和 DAY-3 五配位和六配位非骨架铝的信号峰均明显减弱, 其中六配位非骨架铝的原子摩尔比例由 21.5% 分别降低至 11.5% 和 3.8%, 四配位骨架铝物种占分子筛总铝物种的摩尔比例由 40.5% 分别提高至 71.5% 和 85.4%。说明 EDTA-2Na 试剂对五配位和六配位铝物种均有较强的络合作用, 可以有效脱除非骨架铝物种, 尤其是六配位铝; EDTA-2Na 和柠檬酸复配可以明显减少在脱铝过程中五配位铝向六配位铝物种的转化, 2 种试剂复配比单独一种脱铝剂制备多级孔 Y 分子筛更为有效。

2.3 低温氮气吸脱附表征结果

脱铝前后 Y 分子筛试样的 N₂ 吸-脱附曲线如图 3 所示, Y 分子筛比表面积和孔结构数据如表 3 所示。



1—USY; 2—DAY-1; 3—DAY-2; 4—DAY-3

图 3 脱铝前后 Y 分子筛试样的 N₂ 吸附-脱附曲线

由图 3 可以看出, 所有试样的氮气吸附-脱附曲线均为 IV 型等温线, 说明所有试样均含有一定的介孔。经脱铝制备的 3 个试样的等温线与滞后回环形状类似, 说明经过脱铝后试样的二次孔分布是相似的; 与未脱铝处理的 USY 相比, 在相对压力大于 0.9 的高压区吸附量增加, 说明分子筛孔道中孔

表3 Y分子筛的比表面积和孔结构数据

样品	$S_{\text{BET}}/(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	$S_{\text{micro}}/(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	$S_{\text{meso}}/(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	$V_{\text{total}}/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	$V_{\text{micro}}/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	$V_{\text{meso}}/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$
USY	563	493	87	0.38	0.26	0.13
DAY-1	653	584	88	0.42	0.30	0.13
DAY-2	697	607	101	0.44	0.32	0.14
DAY-3	709	598	110	0.48	0.31	0.17

和大孔的含量增加。与脱铝前 USY 相比,试样 DAY-1 微孔比表面和孔容均明显增加,而介孔比表面积和孔容与母体分子筛相比无变化。DAY-2 和 DAY-3 的试样微孔比表面和孔容大量增加,介孔含量也有所增加,尤其是 DAY-3 介孔孔容由 $0.13 \text{ cm}^3/\text{g}$ 增加至 $0.17 \text{ cm}^3/\text{g}$,提高了约 31%。原因是母体 USY 分子筛为水热脱铝制备,在此过程中产生了一定量的非骨架铝物种,当他们处于 Y 分子筛晶内不同位置时会占有一定体积,从而影响分子筛的有效孔径,因此其非骨架铝的脱除会产生一定量的微孔,但介孔的产生主要源于分子筛骨架脱铝^[13-15],在脱铝过程中 EDTA-2Na 主要与非骨架铝物种相互作用且动力学直径大,很难深入到分子筛内部空穴参与反应,脱铝过程更多地发生在分子筛外表面或靠近孔口的位置,而小分子的柠檬酸可以深入到分子筛内部进行骨架脱铝,但结合核磁表征分析发现,单独的柠檬酸脱铝会引起五配位非骨架铝向六配位非骨架铝的转变,堵塞孔道导致介孔增量不明显。这也说明使用柠檬酸和 EDTA-2Na 复合脱铝制备具有多级孔结构的 Y 分子筛是一种有效的方式。

2.4 TEM 表征结果

柠檬酸和 EDTA-2Na 复合脱铝制备出的多级孔 Y 分子筛与商业 USY 的 TEM 图如图 4 所示。从图 4 中可以看到,与脱铝前 USY 相比,试样 DAY-3 的晶胞结构清晰可见,晶体结构保持完整,同时产生和引入了更多的空穴和二次孔,并且形成了部分彼此连通的孔道。有研究表明,除了介孔的比表面积和孔体积大小以外,介孔的连通性也对其催化性能有着重要影响^[16]。与分子筛原本在水热过程中形成的孤立的球形孔相比,这些新产生的彼此连通的孔道可以增强其传质扩散作用^[17],实现分子筛晶体内部与其外表面的连接,使更多大分子反应物能够深入晶体内部发生反应,从而有助于增加分子

筛晶体内部活性中心的使用效率^[18]。

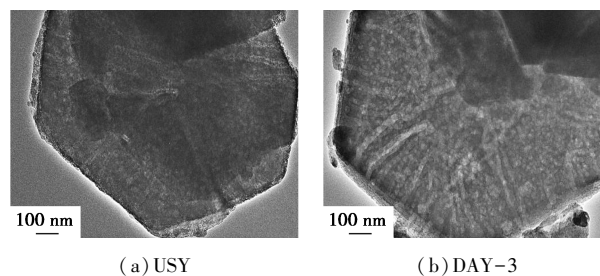


图4 脱铝前后分子筛 TEM 图

2.5 催化剂的加氢裂化活性评价

商业 USY 和 DAY-3 为酸性组分制备的催化剂的加氢裂化性能评价结果如表 4 所示。

表4 催化剂的评价结果

催化剂	汽油馏分收率/%	柴油馏分收率/%	重油馏分收率/%	液收/%
原料油	0.79	42.77	55.62	—
Cat-USY#产品油	20.08	41.41	37.96	98.90
Cat-DAY-3#产品油	27.96	39.09	32.68	98.43

由表 4 可以看出,改性后试样 DAY-3 制备的催化剂汽油馏分收率由 20.08% 上升至 27.96%,柴油馏分收率由 41.41% 下降至 39.09%,馏分油总收率提高 6.5%。这是因为分子筛脱铝能够促进异构化和裂化反应,抑制氢转移反应,有利于多产轻质馏分。此外,具有多级孔结构的 Y 分子筛出现了大量连通的孔道,分子筛内部活性中心使用率提高也有利于增加馏分油的收率。近年来,随着国内经济结构的转型和家用轿车的逐渐普及,国内市场的汽油消费量持续增长,柴汽消费比逐渐降低成为趋势。因此,以具有多级孔结构的 DAY-3 型分子筛作为加氢裂化催化剂活性组分,符合当前油品市场需求的发展趋势。

3 结论

(1) EDTA-2Na 试剂可以有效脱除分子筛骨架铝和非骨架硅,柠檬酸有助于脱除 Y 分子筛骨架铝。采用 EDTA-2Na 和柠檬酸复配脱铝制备出的 Y 型分子筛具有典型的多级孔结构。与传统强化脱铝提高分子筛二次孔水平不同,保持了产品比表面积和二次孔体积以及结晶度保留度之间很好的平衡。

(2) 以 EDTA-2Na 和柠檬酸复配脱铝制备出的分子筛 DAY-3 为酸性组分制备出的加氢裂化催化

剂,汽油馏分收率大幅提高,符合当前油品市场需求的发展趋势。

参考文献

- [1] Awala H, Gilson J P, Retoux R, *et al.* Template-free nanosized faujasite-type zeolites[J]. *Nature Materials*, 2015, 14(4): 447-451.
- [2] Stanislaus A, Marafi A, Rana M S. Recent advances in the science and technology of ultra low sulfur diesel (ULSD) production[J]. *Catalysis Today*, 2010, 153(1-2): 1-68.
- [3] De Baerdemaeker T, Feyen M, Vanbergen T, *et al.* From layered zeolite precursors to zeolites with a three-dimensional porosity: Textural and structural modifications through alkaline treatment [J]. *Chemistry of Materials*, 2014, 27(1): 316-326.
- [4] Pérez-Ramírez J. Zeolite nanosystems: Imagination has no limits[J]. *Nature Chemistry*, 2012, 4(4): 250-251.
- [5] Fodor D, Krumeich F, Hauert R, *et al.* Differences between individual ZSM-5 crystals in forming hollow single crystals and mesopores during base leaching[J]. *Chemistry-A European Journal*, 2015, 21(16): 6272-6277.
- [6] Inayat A, Knoke I, Spiecker E, *et al.* Assemblies of mesoporous FAU-type zeolite nanosheets[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2012, 51(8): 1962-1965.
- [7] Fu W, Zhang L, Tang T, *et al.* Extraordinarily high activity in the hydrodesulfurization of 4,6-dimethyldibenzothiophene over Pd supported on mesoporous zeolite Y[J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2011, 133(39): 15346-15349.
- [8] Verboekend D, Pérez-Ramírez J. Design of hierarchical zeolite catalysts by desilication[J]. *Catalysis Science & Technology*, 2011, 1(6): 879-890.
- [9] Lutz W, Heidemann D, Kurzhals R, *et al.* Characterisation of siliceous extra-framework species in DAY zeolites by ²⁹Si MAS NMR and IR spectroscopic measurements[J]. *Zeitschrift Für Anorganische Und Allgemeine Chemie*, 2010, 636(7): 1361-1367.
- [10] Yan Z, Ma D, Zhuang J, *et al.* On the acid-dealumination of USY zeolite: A solid state NMR investigation[J]. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2003, 194(1-2): 153-167.
- [11] Van Bokhoven J A, Roest A L, Koningsberger D C, *et al.* Changes in structural and electronic properties of the zeolite framework induced by extraframework Al and La in H-USY and La(x) NaY: A ²⁹Si and ²⁷Al MAS NMR and ²⁷Al MQ MAS NMR study [J]. *The Journal of Physical Chemistry B*, 2000, 104(29): 6743-6754.
- [12] Katada N, Nakata S, Kato S, *et al.* Detection of active sites for paraffin cracking on USY zeolite by ²⁷Al MQMAS NMR operated at high magnetic field 16 T [J]. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2005, 236(1-2): 239-245.
- [13] Sato K, Nishimura Y, Shimada H. Preparation and activity evaluation of Y zeolites with or without mesoporosity[J]. *Catalysis Letters*, 1999, 60(1-2): 83-87.
- [14] Dutartre R, de Ménorval L C, Di Renzo F, *et al.* Mesopore formation during steam dealumination of zeolites: Influence of initial aluminum content and crystal size [J]. *Microporous Materials*, 1996, 6(5-6): 311-320.
- [15] Lutz W, Kurzhals R, Kryukova G, *et al.* Formation of mesopores in USY zeolites: A case revisited[J]. *Zeitschrift Für Anorganische Und Allgemeine Chemie*, 2010, 636(8): 1497-1505.
- [16] Milina M, Mitchell S, Crivelli P, *et al.* Mesopore quality determines the lifetime of hierarchically structured zeolite catalysts[J]. *Nature Communications*, 2014, 5: 3922-3931.
- [17] Janssen A H, Koster A J, De Jong K P. On the shape of the mesopores in zeolite Y: A three-dimensional transmission electron microscopy study combined with texture analysis [J]. *The Journal of Physical Chemistry B*, 2002, 106(46): 11905-11909.
- [18] Valchev V, Balanzat E, Mavrodinova V, *et al.* High energy ion irradiation-induced ordered macropores in zeolite crystals [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2011, 133(46): 18950-18956. ■

巴斯夫进一步投资欧洲市场增强其电动汽车动力电池材料的全球领先地位

巴斯夫宣布将在德国施瓦茨海德(Schwarzheide)新建一个电池材料生产基地。该工厂专注于正极活性材料(CAM)的生产,初始产能每年可为约40万辆全电动汽车提供电池材料。

施瓦茨海德工厂的模块化设计和基础设施可支持其产能的快速扩张,令巴斯夫能够满足欧洲电动汽车市场日益增长的客户需求。它将采用先前宣布的巴斯夫芬兰哈尔亚瓦尔塔(Harjavalta)工厂生产的正极材料前驱体(PCAM)进行生产。两家工厂预计将于2022年投产。

巴斯夫催化剂业务总裁彼得·舒马赫博士说:“芬兰和德国的工厂临近欧洲的电池制造基地,将为我们的客户

提供可靠的量身定制的高镍正极活性材料产品。”通过在芬兰和德国的投资,巴斯夫将成为第一家在当今3个主要市场(亚洲、美国和欧洲)均具有本地生产能力的正极活性材料供应商。巴斯夫也将成为具备可靠、可持续和基于欧洲的供应链的领先供应商,涵盖在同一区域内的金属(尤其是镍和钴)供应、前驱体生产和正极材料生产。

巴斯夫在芬兰哈尔亚瓦尔塔和德国施瓦茨海德的投资加强了对欧盟委员会关于建立欧洲电池生产价值链的议程的支持,同时也是欧盟委员会根据欧盟国家援助规则于2019年12月9日批准的“欧洲共同利益重点项目”(IPCEI)的一部分。(马存宇)