

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.09.004

AM-g-CCMC 树脂的制备及其吸附性能^{*}

石亮, 张晓梅, 陈超越, 罗再刚

(安徽理工大学化学工程学院, 安徽淮南 232001)

摘要: 以交联羧甲基纤维素 (CCMC)、丙烯酰胺 (AM) 为原料, 过硫酸钾为引发剂, N, N'-亚甲基双丙烯酰胺为交联剂, 通过微波辐射法制备了吸水性树脂丙烯酰胺接枝交联羧甲基纤维素 (AM-g-CCMC)。研究了溶液 pH 值、盐溶液浓度对 AM-g-CCMC 树脂吸水倍率的影响; 同时考察了染料 pH 值、吸附时间、染料浓度、吸附剂浓度对树脂吸附量 [对碱性品红 (BF) 和亚甲基蓝 (MB)] 的影响。结果表明, AM-g-CCMC 对去离子水和浓度为 0.154 mol/L 的 NaCl, CaCl₂, FeCl₃ 溶液的最大吸水倍率分别为 1 735, 165, 82, 43 g/g; 在 20℃, 浓度 0.25 g/L 条件下, AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的最大吸附量分别为 370 mg/g 和 323.4 mg/g。同时对该树脂的循环利用性能进行了初步研究。结果表明, 吸附 MB 的 AM-g-CCMC 的再生效果略好于吸附 BF 的树脂。

关键词: 高吸水树脂; 微波辐射; 交联羧甲基纤维素; 阳离子染料; 吸附

中图分类号: TQ322.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)09-0018-05

Preparation and Adsorptive Capacity of AM-g-CCMC

Shi Liang, Zhang Xiaomei, Chen Chaoyue, Luo Zaigang

(School of Chemical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: Water absorbent resin acrylamide grafted and crosslinked carboxymethyl cellulose (AM-g-CCMC) was prepared by aqueous solution polymerization through microwave radiation method using crosslinked carboxymethyl cellulose (CCMC) and acrylamide (AM) as raw materials, potassium sulfate as initiator, N, N'-methylene bisacrylamide as crosslinking agent. The effects of pH, salt solution concentration on the water absorption and the effects of adsorption time, dye concentration, and the ratio of solid-to-liquid on the adsorption capacity of the resin for fuchsin (BF) and methylene blue (MB) were studied. The results show that the maximum absorption rates of the resins are 1 735, 165, 82, 43 g/g in distilled water, NaCl, CaCl₂ and FeCl₃ solution with the same concentration of 0.154 mol/L, respectively. At concentration of 0.25 g/L, the saturated adsorption capacities of resin to BF and MB are 370 mg/g and 323.4 mg/g, respectively at 20℃. At the same time, the recycling performance of the water absorbent resin was studied. The results show that the regeneration effect of AM-g-CCMC absorbed by MB is slightly better than that of resin absorbed by BF.

Keywords: superabsorbent resin; microwave irradiation; crosslinked carboxymethyl cellulose; cationic dyes; adsorption

高吸水性树脂是一类具三维网状结构的高分子材料, 且骨架中一般含有羧基、羟基、酰胺基或磺酸基等亲水性官能团。吸水性材料不但被广泛应用于化工、建筑、农林和医用卫生等领域^[1-3], 还可通过离子交换、氢键、范德华力、疏水作用力吸附溶液中的金属离子^[4]和染料^[5]。因此, 将高吸水树脂作为吸附剂吸附废水中的染料具有广阔的应用前景。

交联羧甲基纤维素 (CCMC) 是一类具有三维网状结构, 又含有亲水官能团的纤维素衍生物。因其在水中能够溶胀, 所以常被作为崩解剂应用于药用辅料领域。目前, 对 CCMC 的研究主要集中在缓释^[6]和吸水性能^[7], 而对吸附性能的研究鲜有报道。

笔者首先通过固相合成反应制备了交联度为

0.39 的交联羧甲基纤维素 (CCMC), 然后采用微波辐射法制备了吸水性树脂丙烯酰胺接枝交联羧甲基纤维素 (AM-g-CCMC)。考察了溶液 pH 值、无机盐溶液浓度和种类对吸水性树脂溶胀行为的影响, 探讨了树脂对阳离子染料亚甲基蓝 (MB) 和碱性品红 (BF) 的吸附行为和重复利用性。

1 实验部分

1.1 主要原材料

CCMC: 自制^[8];

^{*} 国家自然科学基金青年科学基金项目 (21102003), 安徽省教育厅重点项目 (KJ2011A091)

联系人: 石亮, 硕士, 主要从事有机高分子合成研究

收稿日期: 2016-06-28

羧甲基纤维素钠 (CMC, 取代度 0.82, 化学纯)、MB(分析纯)、BF(分析纯): 上海国药集团化学试剂有限公司;

丙烯酰胺 (AM)、过硫酸钾 (KPS)、N, N'-亚甲基双丙烯酰胺 (NMBA): 分析纯, 上海晶纯生化科技股份有限公司;

浓盐酸: 化学纯, 南京化学试剂一厂;

NaOH, NaCl, CaCl₂, FeCl₃: 分析纯, 汕头市西陇化工有限公司。

1.2 主要设备及仪器

傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 仪: VECTOR 33 型, 德国 BRUKER 公司;

热失重 (TG) 分析仪: TGA Q600 SDT 型, 美国 TA 公司;

扫描电子显微镜 (SEM): S4800 型, 日本 Hitachi 公司;

微波反应器: LWMC-201 型, 南京陵江科技开发有限责任公司。

1.3 吸水性树脂的制备

向 100 mL 三口瓶中加入 0.5 g CCMC 和 50 mL 蒸馏水, 室温下充分搅拌使其分散均匀后, 依次加入 0.1 g KPS, 5 g AM 和 0.015 NMBA, 继续搅拌 20 min, 将烧瓶转移至微波反应器中, 在微波功率 130 W 下, 反应 200 s 得到无色透明胶状物, 加入 50 mL 丙酮, 搅拌, 抽滤得白色固体。固体在 90℃ 真空干燥箱烘干至恒重, 再进行研磨过筛得到高吸水性树脂 AM-g-CCMC 粗产品; 粗产品在 70℃ 下用去离子水浸泡粗产品, 搅拌、洗涤除去未交联的均聚物和未反应的单体, 过滤、干燥、粉碎得纯化的 AM-g-CCMC 树脂。

1.4 树脂吸水性能的测定

树脂吸水倍率 (Q) 按文献 [9] 测定;

树脂对染料 MB 和 BF 的吸附性能测试参考文献 [10]: 配置不同浓度的染料溶液在紫外分光光度计上进行溶液标定, 将一定量的树脂放入已知浓度的染料溶液中, 测定不同条件下染料溶液的浓度变化, 由此得到树脂对染料的吸附量 (q) 和吸附率 (E)。

$$q = \frac{V(C_0 - C_e)}{W} \quad (1)$$

$$E = \frac{100(C_0 - C_e)}{C_0} \quad (2)$$

式中, V 为染料溶液的体积, L; C_0 为染料溶液

的初始浓度, mg/L; C_e 为吸附后染料溶液浓度, mg/L; W 为吸附剂的质量, g。

2 结果与讨论

2.1 树脂的表征

(1) FTIR 分析。

图 1 为 CMC 和 AM-g-CCMC 的 FTIR 谱图。在 CMC 谱图中, 1640, 1418 cm⁻¹ 处的吸收峰归属于羧酸羰基 (C=O) 的对称和非对称伸缩振动; 1321, 1107 cm⁻¹ 处的吸收峰归属于纤维素醚键 (C—O—C) 伸缩振动和非伸缩振动。在 AM-g-CCMC 树脂的 FTIR 谱图中, 1638, 1435 cm⁻¹ 处的吸收峰归属于羧酸羰基 (C=O) 的对称和非对称伸缩振动; 1688 cm⁻¹ 处的吸收峰归属于酰胺 (C=O) 伸缩振动; 1315, 1076 cm⁻¹ 处的吸收峰为醚键 (C—O—C) 伸缩振动和非伸缩振动; 由于树脂中酰胺含量比酯基含量高, 所以酯基的吸收峰部分被酰胺 (C=O) 峰覆盖。

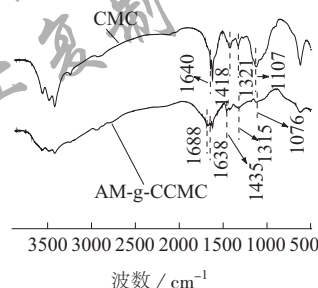


图 1 CMC 和 AM-g-CCMC 的 FTIR 谱图

(2) TG 分析。

图 2 为 AM-g-CCMC 的 TG 和 DTG 曲线。

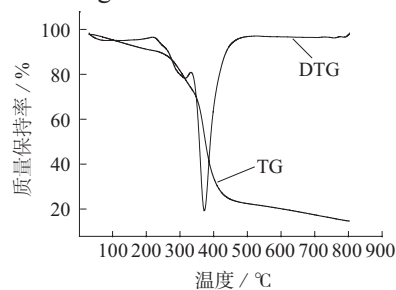


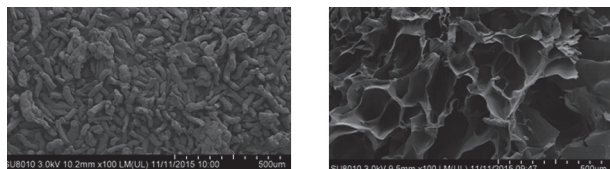
图 2 AM-g-CCMC 的 TG 和 DTG 曲线

从图 2 的 TG 曲线中可以看出, AM-g-CCMC 树脂在热解时存在 3 个阶段, 分别对应着 DTG 图中的 3 个峰, 其中第 1 个峰 (100℃ 前) 很小, 其热解质量损失约占过程失重总量的 7%, 为树脂中自由水和结合水的挥发; 第 2 个峰 (266 ~ 335℃) 是 CCMC 中部分末端和侧链官能团的断裂所致, 如羟基、羧基、酰胺基和酯基^[11], 此温区的质量损失约占失重总量的 17%; 第 3 个峰 (335 ~ 468℃) 是主要

的热解失重温区,约占失重总量的50%,最大热解速率温度为368℃,主要为纤维素骨架裂解过程。结果表明,AM-g-CCMC的热稳定性良好,可适应较高的工作温度。

(3) SEM分析。

图3为CMC和AM-g-CCMC的SEM照片。在图3b的AM-g-CCMC的SEM照片中,树脂表面出现较小孔洞结构,可以更好地发挥毛细管作用,增强吸水 and 保水能力。



(a) CMC ; (b) AM-g-CCMC

图3 CMC和AM-g-CCMC的SEM照片

2.2 树脂的吸水性能

(1) pH值对 Q 的影响。

图4为不同pH值时AM-g-CCMC树脂的吸水倍率 Q 。由图4可看出,当pH=2~5, Q 随pH值的增大而迅速增大;pH=5~7时, Q 缓慢增大,当pH=7.4时, Q 达到最大值1735 g/g;pH=7~12时, Q 随pH值增大而迅速减小。这是因为溶液pH值从2增加到5时,树脂中—COOH逐渐电离成—COO—,不但使分子间氢键减少,电荷间斥力也会增加,使得树脂有向外扩张的趋势,因此 Q 呈增大趋势^[12]。pH值从5增加到7时,更多的—COOH电离,静电斥力进一步增强,但树脂中的—NH₂会和—COO—形成氢键,使树脂有一定的收缩趋势^[13],从而使 Q 增加缓慢。pH值>7时,溶液中的离子强度随逐渐增大,树脂内外渗透压下降;同时树脂中的酯基在碱性条件下会缓慢水解导致树脂网络结构的崩解,因此 Q 呈下降趋势。

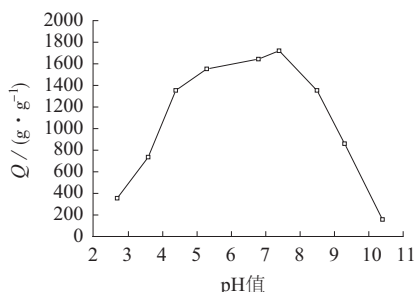


图4 不同pH值时AM-g-CCMC树脂的 Q

(2) 盐溶液浓度对 Q 的影响。

图5为不同盐溶液浓度下AM-g-CCMC树脂

的吸水倍率。在图5中,树脂对同一种盐溶液的 Q 随盐溶液浓度的增大而减小。盐溶液浓度为0.154 mol/L时,AM-g-CCMC树脂对NaCl, CaCl₂和FeCl₃溶液的 Q 分别为165, 82, 43 g/g。这是因为阳离子对树脂中的—COO—有电荷屏蔽效应,导致树脂电离度下降的同时,树脂与溶液间的渗透压差减小^[14], Q 降低。另外,在同一浓度下, Q 随阳离子价态的增加而降低。这是由于阳离子不但会对树脂产生电荷屏蔽效应,而且会和树脂中的亲水性官能团发生络合作用,导致网状结构收缩,且电荷屏蔽效应和络合作用随阳离子价态的增加而变强。

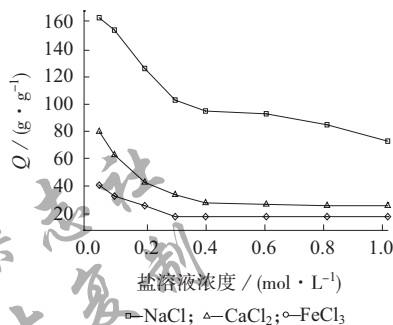


图5 不同盐溶液浓度下AM-g-CCMC树脂的吸水倍率

(3) 树脂的吸水速率。

AM-g-CCMC树脂在不同溶液中的吸水速率如图6所示。从图6可看出,随着时间的延长, Q 先增大然后达到平衡。树脂对去离子水和浓度为0.154 mol/L的NaCl, CaCl₂的 Q 大约在25 min后就达到最大吸水倍率的66%, 92%, 87%。在60 min左右达到溶胀平衡。这是因为溶胀初期,树脂内部离子浓度大,内外渗透压差较大,随着水不断进入树脂内部,使得树脂内部离子浓度降低,所以内外渗透压差减小^[13], Q 变慢。随后由于聚合物链的束缚作用使溶胀速率变慢至平衡。

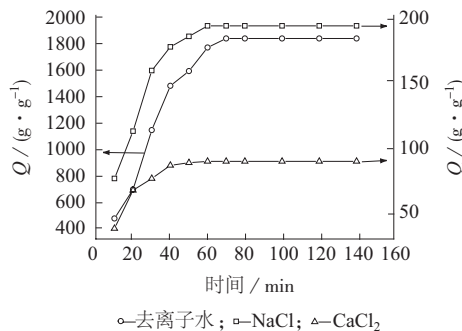


图6 AM-g-CCMC树脂在不同溶液中的吸水速率

2.3 树脂对染料的吸附性能

(1) pH值对吸附性能的影响。

pH值对AM-g-CCMC吸附性能的影响如图7

所示。实验条件: AM-g-CCMC 浓度为 0.25 g/L, 吸附时间为 90 min, 染料浓度为 100 mg/L。在图 7 中, pH 值低 (如 pH=2.1) 的溶液中, AM-g-CCMC 树脂对 BF 和 MB 的吸附量 (q) 都比较低, 分别为 65.9 mg/g 和 66.4 mg/g。分析认为, pH 值较低时, 染料分子和树脂中的氨基、亚氨基、羰基、羟基等基团因质子化而带正电荷, 静电斥力作用使染料分子到达树脂表面吸附位点的几率降低^[15], 同时溶液中的 H^+ 也会与染料分子竞争吸附位点, 导致吸附量较低。此时, 树脂对染料分子的吸附主要由氢键、范德华力及交联网络发挥作用。随 pH 值提高, 体系中 H^+ 浓度降低, 树脂和染料分子逐渐去质子化, 吸附剂表面负电荷增加, 有利于通过静电引力及氢键作用吸附更多的染料分子^[16]; 在 pH 值为 5.7 时, 树脂对 BF 吸附量达到最大值 249.3 mg/g; pH=6.6 时, 树脂对 MB 的吸附量达最大值 223.5 mg/g。当体系 pH 值继续提高, q 均出现缓慢下降, 这可能是树脂中酯基在碱性条件下发生部分水解, 破坏了网络结构。因此, 树脂对 BF 和 MB 的吸附是静电作用、氢键、范德华力及高分子网络共同作用的结果。

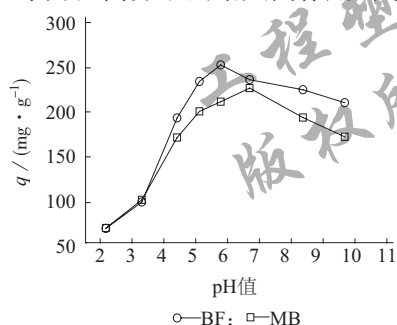


图 7 不同溶液 pH 值时 AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的吸附量

图 8 为不同染料溶液初始浓度下 AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的吸附量。实验条件: AM-g-CCMC 浓度为 0.25 g/L, 吸附时间为 90 min。

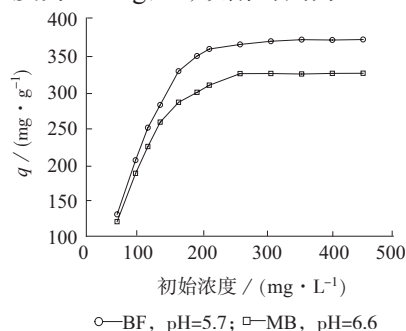


图 8 不同染料溶液初始浓度下 AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的吸附量

图 8 表明, 随着初始浓度增大, AM-g-CCMC 对 MB (或 BF) 吸附量 (q) 呈先增大后趋于平衡的

趋势。当 MB 的初始浓度达到 250 mg/L 时, q 达最大值 323.4 mg/g, 而 BF 达到 350 mg/L 时, q 达最大值 370.0 mg/g。这是因为, 随着初始浓度的增加, 染料分子数增加, 染料分子从溶液扩散到表面吸附位点的动力增大, 因此 q 增大。当吸附位点被占满后, 即使增加染料浓度, q 将不再增加^[16]。

(2) 吸附时间对吸附性能的影响。

图 9 为不同吸附时间时 AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的吸附性能。实验条件: AM-g-CCMC 浓度为 0.25 g/L, 染料浓度为 100 mg/L。由图 9 可知, AM-g-CCMC 对染料的 q 随吸附时间的增加大致分为三个阶段。在吸附的前 40 min 内, q 随时间的增加而迅速增加。这是由于在吸附的初始阶段, 染料的浓度较大, 传质动力就大, 染料分子易达到吸附位点; 随着吸附的进行, 染料的浓度逐渐降低, 传质动力降低^[17], 在 40~80 min 内, q 随时间的增加缓慢增加; 当吸附 90 min 后, q 基本不再变化, 达到吸附平衡。

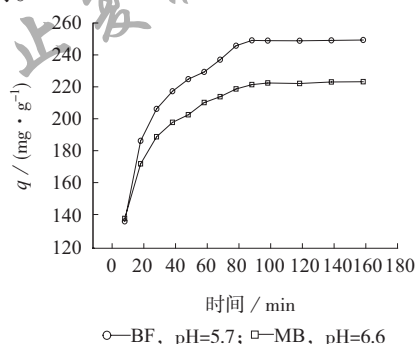


图 9 不同吸附时间时 AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的吸附性能

(3) AM-g-CCMC 浓度对吸附性能的影响。

不同 AM-g-CCMC 浓度 (固液比) 对其吸附 200 mL、浓度为 100 mg/L 的 BF 和 MB 的吸附性能变化如图 10 所示。实验条件: 吸附时间为 90 min, 染料浓度为 100 mg/L。

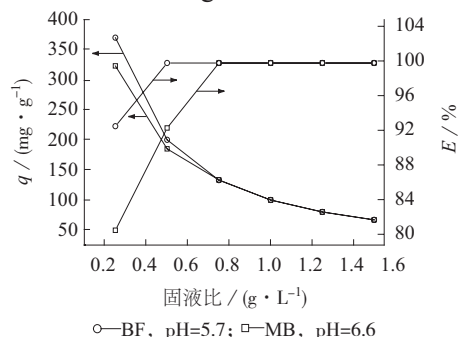


图 10 不同固液比时 AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的吸附性能

由图 10 可知, 固液比由 0.25 g/L 提高到 0.75 g/L, AM-g-CCMC 树脂对 MB (BF) 的吸附量 q 从

323 mg/g, 370 mg/g 均下降至 67 mg/g; AM-g-CCMC 浓度由 0.25 g/L 提高到 0.75 g/L, 树脂对 MB(或 BF) 的吸附率(E) 迅速增加, 分别从 80.7%, 92.7% 增加达到 100%, 说明 AM-g-CCMC 是吸附 BF 和 MB 的高效吸附剂。

(4) 吸附剂的循环再生。

吸附材料的循环再生性能是其使用过程中的一个重要问题。按照 1.4 的实验方法, 对 AM-g-CCMC 进行 6 次吸附-解吸实验, 结果如图 11 所示。由图 11 可知, 与首次吸附量相比, 经过三次和六次循环使用后, AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的 q 分别下降了 14.9% 和 13.6%, 40.3% 和 35.9%。因此, AM-g-CCMC 具有一定的循环再生使用性, 可以循环使用。此外, 吸附 MB 的 AM-g-CCMC 的再生效果略好于吸附 BF 的树脂。

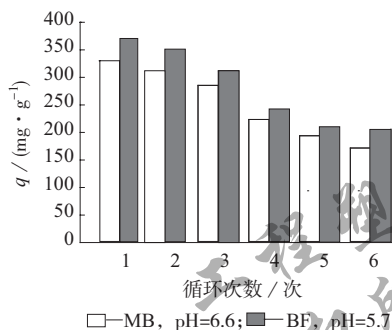


图 11 吸附剂循环再生效果

3 结论

通过微波辐射方法在 CCMC 上接枝 AM, 合成了耐盐性的吸水性树脂 AM-g-CCMC。AM-g-CCMC 对去离子水和浓度为 0.154 mol/L 的 NaCl, CaCl₂, FeCl₃ 溶液的最大吸水倍率分别为 1 735, 165, 82, 43 g/g。在固液比为 0.25 g/L, 20°C 下, AM-g-CCMC 对 BF 和 MB 的饱和吸附量分别为 370 mg/g 和 323.4 mg/g。

参考文献

- [1] Ma Jinghong, Xu Yajing, Fan Bing, et al. Preparation and characterization of sodium carboxymethyl cellulose -poly(N-isopropylacrylamide)/clay semi-IPN nanocomposite hydrogels [J]. European Polymer Journal, 2007, 43 (6):221-222.
- [2] Won L D, Geun S K, Jong Y K, et al. Synthesis of acrylic acid-based superabsorbent interpenet rated with sodium sulfate using inverse-emulsion polymerization[J]. European Polymer Journal, 2002, 38(3):579-586.
- [3] Bajpai S K, Chand N, Ahuja S. Curcumin-cellulose micro crystals-chitosan films: Water absorption behavior and in vitro cytotoxicity[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015, 75:239-247.
- [4] 余响林, 秦天, 刘旭华, 等. 丙烯酸高吸水树脂吸附阳离子染料废水研究 [J]. 化工新型材料, 2013, 41(7):166-169.
Yu Xianglin, Qin Tian, Liu Xuhua, et al. Adsorption of cationic dyes wastewater by super adsorbent resin[J]. New Chemical Materials, 2013, 41(7):166-169.
- [5] 何明, 尹国强, 王品, 等. 羽毛蛋白接枝丙烯酸-丙烯酰胺高吸水性树脂的吸附性能 [J]. 化工新型材料, 2010, 38(8):69-72.
He Ming, Yin Guoqiang, Wang Pin, et al. Adsorption behavior of FP-P(AA-AM)superabsorbent resin[J]. New Chemical Materials, 2010, 38(8):69-72.
- [6] Shinji S, Yuko O, Koei K. Enzymatically crosslinked carboxymethyl cellulose-tyramine conjugate hydrogel: Cellular adhesiveness and feasibility for cell sheet technology[J]. Acta Biomater, 2009, 5(2):554-559.
- [7] Hiroyuki K. Characterization and properties of carboxymethyl cellulose hydrogels crosslinked by polyethylene glycol[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 106(15):84-93.
- [8] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
Pharmacopoeia Committee of the people's Republic of China[M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Publishing, 2010.
- [9] 徐继红, 赵素梅, 谭德新, 等. 羧甲基纤维素-g-2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸高吸水树脂的吸水与保水性能 [J]. 石油化工, 2012, 41(11):1 307-1 311.
Xu Jihong, Zhao Sumei, Tan Deixin, et al. Water absorption and water retention of carboxymethylcellulose-g-2-acrylamido-2-methylpropane-sulfonic acid superabsorbent resin[J]. Petrochemical Technology, 2012, 41(11):1 307-1 311.
- [10] 陈冬玲, 曹曼丽, 张晓梅, 等. 新型三元酸与 β -环糊精交联聚合物的制备及其对染料吸附性能的研究 [J]. 石油化工, 2014, 43 (2):210-214.
Chen Dongling, Cao Manli, Zhang Xiaomei, et al. Synthesis and dye adsorptivity of β -cyclodextrin polymer with a novel tricarboxylic acid as crosslinking agent[J]. Petrochemical Technology, 2014, 43(2):210-214.
- [11] 徐继红, 赵素梅, 谭德新, 等. P(AMPS-co-AM)/凹凸棒黏土高吸水树脂的制备和溶胀性能 [J]. 化工新型材料, 2013, 41(11):139-141.
Xu Jihong, Zhao Sumei, Tan Dexin, et al. Preparation and swelling properties of P(AMPS-co-AM)/ attapulgite clay superabsorbent resin[J]. New Chemical Materials, 2013, 41(11):139-141.
- [12] 谭德新, 王艳丽, 陈秀. 高吸水树脂 PAMPS 的微波制备与性能研究 [J]. 化工新型材料, 2015(6):67-69.
Tan Dexin, Wang Yanli, Chen Xiu. Preparation and property of superabsorbent PAMPS by microwave irradiation polymerization[J]. New Chemical Materials, 2015(6):67-69.

- American Chemical Society, 2002, 124(7):1 156–1 157.
- [11] Braghiroli F L, Fierro V, Parmentier J, et al. Easy and eco-friendly synthesis of ordered mesoporous carbons by self-assembly of tannin with a block copolymer[J]. Green Chemistry, 2016, 18(11):3 265–3 271.
- [12] Liu Panbo, Jiao Jian, Huang Ying. Ordered mesoporous carbon prepared from triblock copolymer / novolac composites[J]. Journal of Porous Materials, 2012, 20(1):107–113.
- [13] Zhang Fuqiang, Gu Dong, Yu Ting, et al. Mesoporous carbon single-crystals from organic organic self-assembly[J]. Journal of the American Chemical Society, 2007, 129(25):7 746–7 747.
- [14] Huang Y, Cai H, Yu T, et al. Highly ordered mesoporous carbonaceous frameworks from a template of a mixed amphiphilic triblock-copolymer system of PEO-PPO-PEO and reverse PPO-PEO-PPO[J]. Chemistry, an Asian journal, 2007, 2(10):1 282–1 289.
- [15] Yuan Dingsheng, Chen Jingxing, Xia Nannan, et al. Worm-like mesoporous carbon synthesized from metal-organic coordination polymers for supercapacitors Electrochem[J]. Commun, 2009, 11, 1 191–1 194.
- [16] Xing W, Huang C C, Zhuo S P, et al. Hierarchical porous carbons with high performance for supercapacitor electrodes[J]. Carbon, 2009, 47(7):1 715–1 722.
- [17] Juan B, Luciano T, Karim S, et al. Facile preparation of hierarchical porous carbons with tailored pore size obtained using a cationic polyelectrolyte as a soft template[J]. Colloids and Surfaces A:Physicochem, 2012, 415:343–348.
- [18] Meng Yan, Gu Dong, Zhang Fuqiang, et al. Ordered mesoporous polymers and homologous carbon frameworks:Amphiphilic surfactant templating and direct transformation[J]. Angewandte Chemie International Edition, 2005, 44(43):7 053–7 059.
- [19] 王志超. 大孔-介孔分级孔结构炭材料的制备及应用研究[D]. 大连:大连理工大学, 2010.
- Wang Zhichao. The Synthesis and applications of hierarchical macro-mesoporous carbon materials [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2010.
- [20] 丁莹, 祝建中, 曹阳. 介孔炭材料的孔径控制及其对染料的吸附性能研究[J]. 南京晓庄学院学报, 2014(6):70–75.
- Ding Ying, Zhu Jianzhong, Cao Yang. The pore size control of ordered mesoporous carbons and their adsorption performance for dye molecules[J]. Journal of Nanjing Xiaozhuang College, 2014(6):70–75.
- [21] 刘玉荣. 介孔炭材料的合成及应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2012.
- Liu Yurong. Synthesis and application of mesoporous carbon materials[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2012.

重庆聚苯硫醚树脂项目开工

重庆聚狮新材料科技有限公司聚苯硫醚(PPS)树脂项目宣布开工。该项目位于重庆市长寿经济技术开发区化工园区,总投资 7.5 亿,设计年产 3 万 t 纤维级 PPS。

PPS 树脂是一种新型高性能热塑性树脂,具有机械强度高、耐高温、耐化学药品性、难燃、热稳定性好、电性能优良等优点。PPS 因其综合性能突出,生产工艺相对成熟,成为工

业化进程最快的一个品种,已广泛应用于环保、汽车、电子、石化、制药等行业。目前,全球 PPS 需求日益增长。随着科技进步、社会发展,各国政府对防腐、军工国防及环保建设日益重视以及电子电气、石油化工、医药和汽车工业等诸多领域对 PPS 的需求增大,这给全球 PPS 生产商提供了扩大再生产的机会。市场研究机构 MarketsandMarkets 发布的报告称,2020 年全球 PPS 市场将增至 15 亿美元。(中塑在线)

(上接第 22 页)

- [13] 谭德新,王艳丽,鲁桦萍,等. 紫外光固化法合成 St-AMPS-AM 三元共聚高吸水性树脂[J]. 化工新型材料, 2015, 43(1):49–51.
- Tan Dexin, Wang Yanli, Lu Huaping, et al. Preparation of St / AMPS / AM ternary copolymer superabsorbent via ultraviolet irradiation[J]. New Chemical Materials, 2015, 43(1):49–51.
- [14] 徐继红,陶俊,徐国财,等. 微波辐射合成丙烯酸类高吸水树脂及性能研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(4):9–12.
- Xu Jihong, Tao Jun, Xu Guocai, et al. Synthesis absorbency of salt-resisting acrylic-based polymer by microwave irradiation[J]. Polymer Materials Science And Engineering, 2011, 27(4):9–12.
- [15] 彭成松,王少宝,徐国财,等. N-(2-氨基乙基)胺基-环糊精交联聚合物的制备及其吸附性能[J]. 石油化工, 2010, 39(1):85–89.
- Peng Chengsong, Wang Shaobao, Xu Guocai, et al. Preparation and adsorbability of N-(2-Aminoethyl)amidogen-β-cyclodextrin crosslinked polymer[J]. Petrochemical Technology, 2010, 39(1):85–89.
- [16] 刘侠,陈碧,白艳霞. 桃核直接作为生物吸附材料对水中亚甲基蓝的吸附研究[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(4):118–121.
- Liu Xia, Chen Bi, Bai Yanxia. Study on adsorption of peach core directly as a biological adsorption material on methylene blue in aqueous solution[J]. Science Technology and Engineering, 2015, 15(4):118–121.
- [17] 王敏敏,薛振华,王丽. 羧甲基纤维素-机蒙脱土纳米复合材料对刚果红的吸附与解吸性能[J]. 环境工程学报, 2014, 8(3):1 001–1 006.
- Wang Minmin, Xue Zhenhua, Wang Li. Adsorption and desorption capacity of Congo Red on CMC / OMMT nanocomposite[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2014, 8(3):1 001–1 006.