

金属负载型有序介孔碳催化剂的 制备及应用研究进展

徐腓蔓, 郑华艳, 杨丽, 李忠*

(太原理工大学煤科学与技术教育部和山西省重点实验室, 山西太原 030024)

摘要:在金属负载型有序介孔碳催化剂的制备工艺过程中,合成比表面积高、孔道结构规整、活性组分高度分散以及粒径尺寸小的催化剂是当前研究的热点,常用的制备方法有浸渍法、化学还原法、一步合成法及共组装合成法等。通过对介孔碳载体改性并采用不同的制备方法调控活性金属在有序介孔碳载体中的粒径及分散度,可提高其在工业废水处理、电化学、催化、储氢等领域的性能。

关键词:有序介孔碳;金属催化;制备方法;应用

中图分类号:TQ426.6

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2014)02-0049-05

Progress in preparation and application of ordered mesoporous carbon supported metal catalysts

XU Fei-man, ZHENG Hua-yan, YANG Li, LI Zhong*

(Key Laboratory of Coal Science and Technology of Ministry of Education and Shanxi Province, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Synthesis of ordered mesoporous carbon supported metal catalyst with high specific surface area, regular pore structure, highly dispersed active component and small particle size is a well-attended and essential topic. The common preparation methods include impregnation method, chemical reduction method, one-pot synthesis method and co-assembly synthesis method. The particle size and dispersion degree of the active metal, which contribute to improve its catalytic performance in the industrial wastewater treatment, electrochemical, catalytic, hydrogen storage and other fields, could be controlled by modification of the mesoporous carbon carrier and various preparation strategies.

Key words: ordered mesoporous carbon; metal catalyst; preparation method; application

有序介孔碳(ordered mesoporous carbon)是指孔道长程有序,孔径尺寸介于微孔(< 2 nm)和大孔(< 50 nm)之间,含有介孔结构的碳材料,是多孔碳材料的一个重要分支^[1-3],一般是通过催化活化法^[4-5]、有机凝胶碳化法^[6-7]和模板法^[8-9]等方法制备。将金属活性组分通过不同制备方法负载到有序介孔碳中,可以制备出金属负载型有序介孔碳催化剂,其具有较高的比表面积、独特的孔道结构、较窄的孔径分布范围和良好的水热稳定性及机械稳定性等优点,因此在催化、储氢材料、吸附分离和电极材料等领域受到广泛关注^[10-12]。

活性金属组分在有序介孔碳孔道中的分布状态以及颗粒尺寸是影响催化剂活性及稳定性的主要因素,通过对介孔碳载体进行改性并采用不同的制备方法调控活性金属在有序介孔碳载体中的粒径及分散度,进而提高其催化性能。本文中主要对近年来金属负载有序介孔碳催化剂的制备方法及其应用进

行总结和分析。

1 金属负载有序介孔碳催化剂制备方法

金属负载有序介孔碳催化剂的常见制备方法主要有浸渍法、还原法、一步合成法和共组装合成法等。

1.1 浸渍法

浸渍法是目前制备金属负载型催化剂最常用的方法之一。在浸渍法制备催化剂过程中,金属活性组分的负载量会对介孔碳的有序度及比表面产生很大影响。Huwe等^[13]以CMK-1为载体,硝酸铁为金属前驱体,通过多次浸渍、焙烧制得不同负载量的 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CMK}-1$ 催化剂,发现随着浸渍次数的增加,均匀分布在CMK-1介孔孔道中的金属氧化物 Fe_2O_3 的质量分数由最初的15%逐渐增加至65%,而催化剂的比表面积由最初的 $1\ 210\ \text{m}^2/\text{g}$ 减小至 $220\ \text{m}^2/\text{g}$ 。同时,随着浸渍次数的增加,催化剂的结

收稿日期:2013-09-06

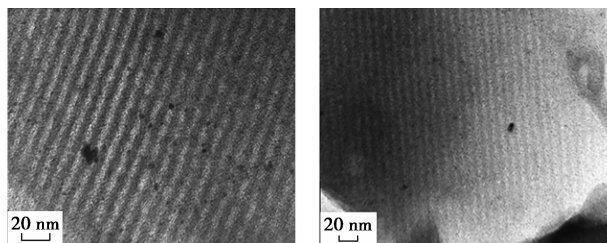
基金项目:国家自然科学基金项目(21276169);山西省科技攻关项目(20120321003-03)

作者简介:徐腓蔓(1987-),女,硕士生;李忠(1964-),男,博士,教授,主要从事催化和一碳化学研究,通讯联系人,0351-6018526, lizhong@tyut.edu.cn。

构逐渐发生改变,尤其是 Fe_2O_3 质量分数达到 65% 时,催化剂介孔有序度明显降低,并出现大量的微孔。

由于有序介孔碳表面含有较少的含氧基团,因此均具有一定的疏水性^[14],为了增强浸渍液中金属活性组分与载体之间的相互作用,进而提高催化剂的反应活性,通常采用以下 2 种方法:一种是采用非极性溶液来分散金属组分^[15],另一种是通过对介孔碳表面进行改性,提高介孔碳的亲水性能^[16]。

李凯翔等^[15]发现浸渍在极性较大的氯铂酸水溶液时,Pt-W/MPC-61 催化剂中活性组分分散度较差(48.4%),且 Pt 金属颗粒的粒径尺寸较大(2.3 nm)[图 1(a)];而浸渍在极性较小的氯铂酸乙醇溶液时,MPC-61 载体表面的润湿度增加,Pt-E/MPC-61 催化剂中活性组分的分散度显著提高(58.2%),且 Pt 金属颗粒的粒径尺寸较小(1.9 nm)[图 1(b)]。



(a) Pt-W/MPC-61

(b) Pt-E/MPC-61

图 1 透射电镜图

Li 等^[16]通过 H_2SO_4 、 HCl 、 H_3PO_4 、 KOH 、 NaOH 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 对 CMK-3 有序介孔碳载体进行改性,然后浸渍 $\text{RuCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 水溶液制得 Ru/CMK-3 催化剂,并用于催化氨气分解反应。发现经过改性的 CMK-3 载体表面含氧量均明显增加,且碱改性的 CMK-3 载体表面 Ru 粒径较小,而酸改性后 Ru 粒径较未改性的大(表 1),这是由于酸改性后载体表

表 1 改性后 Ru/CMK-3 催化剂中金属的分散度及粒径尺寸及其催化性能

催化剂	Ru 粒径尺寸/ nm	分散度/ %	氨气转化 率/%
5% Ru/CMK-3	2.4	53.4	22.7
5% Ru- SO_4 /CMK-3	2.7	48.7	35.6
5% Ru- PO_4 /CMK-3	2.6	50.8	33.9
5% Ru-Cl/CMK-3	3.0	44.6	37.4
5% Ru-Na/CMK-3	—	—	50.8
5% Ru-K/CMK-3	1.8	72.3	78.9
5% Ru-Ca/CMK-3	—	—	48.5

面的阴离子能够将金属组分固定在载体表面,当阴离子与氢气反应发生分解时,金属粒子在载体表面聚集并逐渐长大。另外,碱改性催化剂的氨气转化率也明显高于酸改性催化剂的转化率(表 1)。

1.2 化学还原法

化学还原法是将金属盐溶液与介孔碳载体混合,然后加入还原剂进行还原反应,再经过洗涤、干燥得到金属负载介孔碳催化剂。常见的还原剂有甲醛、硼氢化钠、乙二醇和氢气等。不同还原剂对金属盐的还原能力相异,且还原后金属颗粒的粒径也不相同。Kuppan 等^[17]分别采用多聚甲醛、硼氢化钠、乙二醇和氢气 4 种还原剂,发现多聚甲醛还原 Pt(IV)生成 Pt(0)的反应速率最快,同时还原的铂纳米粒子均匀分散在 CMK-3 介孔碳表面,且粒径最小(平均 4 nm),而采用氢气还原制得的铂纳米粒子的粒径最大(18~20 nm)。

由于微波辐射具有加热速度快、加热温度均匀等优点,因此在化学还原法制备金属负载介孔碳催化剂过程中引入了微波辐射。张传香等^[18]发现引入微波后催化剂小角 XRD 的峰强变弱,比表面积有所下降,孔径减小,其比电容值达到 295.9 F/g,明显优于 Dong 等^[19]采用氧化还原法制备的 MnO_2 /CMK-3 催化剂的比电容值(220 F/g)。

1.3 一步合成法

一步法合成金属负载型有序介孔碳催化剂是将硅源与碳前驱体和金属前驱体共同混合,通过溶胶凝胶过程直接得到含有金属的无机-有机复合物,经过碳化、脱硅,最后获得孔壁中含有金属活性组分的介孔碳。一步合成法不仅可以提高金属活性组分在介孔碳孔壁或孔道中的分散度,而且可以有效地控制金属颗粒的粒径。Liu 等^[20]分别采用浸渍法和一步合成法制备了 Pt/OMC 催化剂,发现一步合成法制备的 Pt/OMC 催化剂的孔径和晶胞参数较介孔碳载体均有所增加,说明铂的存在抑制了热解过程中碳介孔结构的收缩。同时,一步法合成的催化剂中 Pt 颗粒较小且均匀分散在孔壁上[图 2(a)],为反应的进行提供了许多活性位,而传统浸渍法制备的催化剂中金属主要分布在载体表面,而且颗粒较大容易团聚[图 2(b)]。

在一步合成法制备金属负载有序介孔碳催化剂过程中,金属组分的添加量同样也会影响介孔碳的有序度及孔道结构,尤其是磁性金属粒子的含量会对材料的有序性产生明显的影响^[21]。Zhai 等^[21]以柠檬酸铁为无机粒子前驱物,采用一步合成法制备

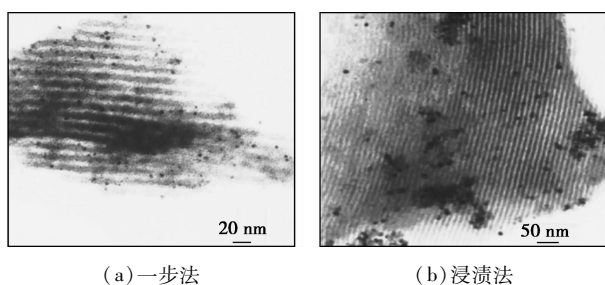


图2 Pt/CMK-3 催化剂的透射电镜图

了含 γ - Fe_2O_3 纳米粒子的介孔碳催化剂。由于 Fe 金属氧化物本身没有孔道结构且密度较大,因此当催化剂孔壁中 γ - Fe_2O_3 的质量分数从 9.0% 增加至 24.7% 时,催化剂结构的有序遭到破坏,其(100)、(110)和(200)面对应的小角 X 射线散射峰的强度明显减弱。

1.4 共组合法

共组合法也是金属负载有序介孔碳催化剂的常用制备方法,利用模板分子筛中已有的介孔孔道,然后填充一定的碳源和金属前驱体,经过高温焙烧、脱硅,最后得到含有金属的介孔碳催化剂。

Liu 等^[22]以 SBA-15 作为模板分子筛、乙酰丙酮铂为金属前驱体、糠醇为碳源、草酸脱硅,按照 Ryoo^[8]的硬模板法路线制备出金属铂负载 CMK-5 介孔碳催化剂,制备过程如图 3^[22]所示。通过 XRD 及 TEM 表征发现负载金属之后,载体依然保持有序的介孔结构,金属 Pt 颗粒高度分散于孔道结构中,其粒径为 2~3 nm,而浸渍法制备的催化剂中 Pt 粒径约为 20 nm,明显大于 CMK-5 孔径,可见浸渍法制备 Pt/CMK-5 催化剂中金属 Pt 颗粒主要分布在碳载体表面上。

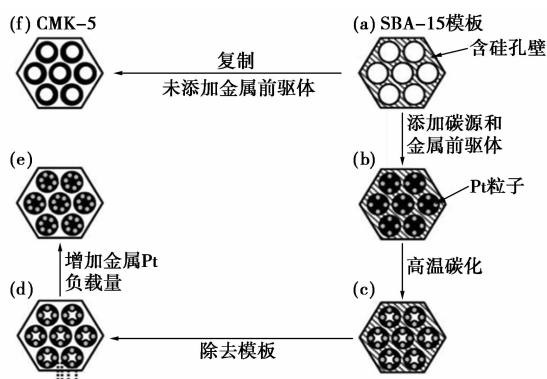


图3 CMK-5 和 Pt/CMK-5 催化剂的制备流程图

Wang 等^[23]采用共组合法制备出不同负载量的 FeNi/C 催化剂。发现随着 FeNi 合金添加量的增加,导致填充在模板分子筛 SBA-15 孔道中糠醇

的含量相对减少,当高温炭化和脱硅处理之后,未被碳源填充的地方出现大的空隙,生成孔径较大的二次介孔,影响 FeNi/C 催化剂的介孔有序度。

2 金属负载型有序介孔碳催化剂的应用

2.1 催化反应

有序介孔碳作为催化剂载体,具有比表面积大、孔径分布均匀、介孔结构独特的优点,将金属活性组分负载在有序介孔碳上,可以提高金属活性组分的分散度、有效地控制金属颗粒的尺寸,广泛应用于催化反应。

Lin 等^[24]制备出的 Ta/CMK-3 催化剂用于环辛烯的环氧化反应,随着催化剂中活性组分 Ta 的质量分数由 1% 增大至 20% 时,环辛烯的转化率先增大后减小,当质量分数为 5% 时,环辛烯的转化率最高,达到 62%。另外,由于介孔碳极性较弱,可以吸附更多的烯烃并防止其进一步被氧化,因此目标产物的选择性比以 SBA-15 为载体制备的 Ta/SBA-15 催化剂的选择性高。

Song 等^[25]研究发现 Rh/FeMnOMC 催化剂中粒径为 2.4 nm 的 Rh 纳米粒子与 Fe 和 Mn 相互作用,有助于倾斜式 CO 吸附物种的生成,其通过解离和加氢生成 CH_x 中间体,然后 CO 插入生成 C_2 含氧中间产物,同时存在于催化剂孔壁中的双金属可以加速 C_2 含氧化合物与氢气作用合成乙醇。在 300℃、5.0 MPa、12 000 h^{-1} 条件下,CO 的转化率和乙醇的选择性分别达到 25.5% 和 34.5%。

2.2 工业废水处理

染料废水作为一种有毒的环境污染物,因其色度深、有机污染物含量高、成分复杂以及难被生物降解等特点,是目前最严重的水体污染物之一。与商业活性炭相比,介孔碳具有较大的比表面积和孔径,可以吸附更多的染料分子,但介孔碳难以从吸附液中分离出来。鉴于介孔碳合成过程可控,可以在制备过程中添加磁性金属(如 Fe、Co、Ni)得到含有磁性金属的负载型介孔碳催化剂,通过外加磁场的作用使其从吸附液中分离。Wang 等^[26]采用共组合法制备出具有磁性的 Fe-Co/OMC 复合材料,并发现其在吸附亚甲基蓝、罗丹明 B 和亚甲基橙 3 种染料中表现出较高的吸附容量,分别为 458、436、277 mg/g。同时,吸附了罗丹明 B 染料分子的 Fe-Co/OMC 可以在外加磁场的作用下从悬浮液中分离出来。

Zhai 等^[21]采用 H_2O_2 改性处理 γ - Fe_2O_3 /OMC,

增加其表面的羧基、内酯、羟基等含氧基团,发现功能化修饰前, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{OMC}$ 对碱性品红染料分子的吸附量为 130 mg/g,修饰后吸附量为 220 mg/g。功能化的磁性金属负载型介孔碳催化剂表现了较强的吸附碱性品红染料分子的能力。

2.3 电化学

有序介孔碳因其具有良好的导电性和稳定的物化性能等优点,是较理想的电极材料,而金属负载型有序介孔碳催化剂则可以进一步提高其库伦效率与循环特性。吴伟等^[27]分别以多聚甲醛和甲醇为还原剂,采用液相还原法制备了 Pt/CMK-3 和 Pt/C-M 直接甲醇燃料电池阳极催化剂,并与商业 Pt/XC-72 催化剂比较。由于多聚甲醛的还原速率大于甲醇的还原速率,Pt/CMK-3 中生成大量的非晶态和有缺陷 Pt 粒子,增大了金属的有效活性表面积和催化氧化活性,其甲醇氧化电催化活性顺序为 Pt/CMK-3 > Pt/XC-72 > Pt/C-M。

Ma 等^[28]发现 TiO_2/OMC 材料在锂离子电池中显示出良好的电化学性能。特别是当 TiO_2 的添加量为质量分数 15% 时, TiO_2/OMC 复合材料在电流密度为 1 600 mA/g 条件下循环使用 50 次后,可逆容量为 260 mA·h/g,是有序介孔碳可逆电容量 (48.9 mA·h/g) 的 5 倍、纯 TiO_2 电极可逆容量 (12.4 mA·h/g) 的 21 倍。

2.4 储氢材料

为了提高介孔碳在室温下较弱的吸储氢能力,可以通过添加金属物质增加其储氢能力。Huang 等^[29]通过共组装合成法制得 OMC-Co 催化剂,发现金属活性组分 Co 更容易与氢气发生解离吸附,形成 Co-H 键,然后跃迁至介孔碳表面或者孔道内部,导致金属负载型有序介孔的储氢能力明显高于有序介孔碳。随着 OMC-Co 中金属含量增加,其储氢能力也逐渐增强,当催化剂中钴的质量分数为 8% 时,OMC-Co-8 的储氢能力(质量分数)达到 0.009%。

Dibandjo 等^[30]以丙烯和蔗糖为碳源,分别采用化学气相沉积法和液相浸渍法 2 种碳源填充方法,制得有序介孔碳载体 CTp 和 CTs,然后以 H_2PdCl_4 为金属前驱体,通过浸渍法制得 Pd/CT 催化剂。研究发现低温下氢气的储存主要与催化剂的微孔结构有关,Pd/CTs 催化剂的微孔体积及比表面积均大于 Pd/CTp 催化剂的,因此其在 77 K 下的储氢量优于 Pd/CTp 的储氢量;而室温下氢气的储存主要与催化剂金属活性组分有关,由于 Pd/CTp 催化剂的金属

粒径尺寸大于 Pd/CTs 的粒径尺寸,可以使更多的氢气与 Pd/CTp 催化剂中的金属接触,解离吸附形成大量的 PdH_x ,然后迁移至有序介孔碳表面或孔道内部,从而提高 Pd/CTp 氢气吸储能力(质量分数 0.37%),其明显高于 Pd/CTs 的储氢能力(质量分数 0.27%)。

3 结语

金属负载型有序介孔碳催化剂广泛应用于工业废水处理、电化学、催化、储氢等领域,其性能主要与金属活性组分的负载量、分散状态以及粒径尺寸有关。通过采用非极性溶液来分散金属组分和对介孔碳表面进行改性提高其亲水性能,从而提高浸渍法制备金属负载型有序介孔碳催化剂中金属活性组分在介孔碳表面的负载量;微波辐射的引入可以增加化学还原法制备催化剂中金属活性组分的分散性;一步合成法和共组装合成法可以提高金属活性组分在介孔碳孔壁或孔道中的分散度,同时可以有效地控制金属颗粒的粒径。采用不同的制备方法可以控制活性组分在介孔碳中的分布位置,进而影响金属纳米颗粒的粒径尺寸,最终得到高比表面积、均一孔道结构、金属粒子高度分散的催化剂。

参考文献

- [1] Lee J, Kim J, Hyeon T. Recent progress in the synthesis of porous carbon materials[J]. *Advanced Materials*, 2006, 18(16): 2073-2094.
- [2] Li W, Zhao D Y. An overview of the synthesis of ordered mesoporous materials[J]. *Chemical Communications*, 2013, 49(10): 943-946.
- [3] Liang C D, Li Z J, Dai S. Mesoporous carbon materials: Synthesis and modification[J]. *Angewandte Chemie-international Edition*, 2008, 47(20): 3696-717.
- [4] Oya A, Yoshida S, Alcaniz-Monge J, et al. Formation of mesopores in phenolic resin-derived carbon fiber by catalytic activation using cobalt[J]. *Carbon*, 1995, 33(8): 1085-1090.
- [5] Tamai H, Kakii T, Hirota Y, et al. Synthesis of extremely large mesoporous activated carbon and its unique adsorption for giant molecules[J]. *Chemistry of Materials*, 1996, 8(2): 454-462.
- [6] Pekala R W, Schaefer D W. Structure of organic aerogels. 1. Morphology and scaling[J]. *Macromolecules*, 1993, 26(20): 5487-5493.
- [7] Pekala R W, Alviso C T, Kong F M, et al. Aerogels derived from multifunctional organic monomers[J]. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 1992, 145: 90-98.
- [8] Ryoo R, Joo S H, Jun S. Synthesis of highly ordered carbon molecular sieves via template-mediated structural transformation[J]. *The*

Journal of Physical Chemistry B, 1999, 103(37): 7743-7746.

- [9] Kim T W, Park I S, Ryoo R. A synthetic route to ordered mesoporous carbon materials with graphitic pore walls[J]. *Angewandte Chemie-international Edition*, 2003, 115(36): 4511-4515.
- [10] Ndamaniha J C, Guo L P. Ordered mesoporous carbon for electrochemical sensing: A review [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2012, 747: 19-28.
- [11] Ma T Y, Liu L, Yuan Z Y. Direct synthesis of ordered mesoporous carbons[J]. *Chemical Society Reviews*, 2013, 42(9): 3977-4003.
- [12] Joo S H, Choi S J, Oh I, *et al.* Ordered nanoporous arrays of carbon supporting high dispersions of platinum nanoparticles[J]. *Nature*, 2001, 412(6843): 169-172.
- [13] Huwe H, Fröba M. Iron(III) oxide nanoparticles within the pore system of mesoporous carbon CMK-1: Intra-pore synthesis and characterization[J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2003, 60(1/2/3): 151-158.
- [14] Lázaro M J, Calvillo L, Bordejé E G, *et al.* Functionalization of ordered mesoporous carbons synthesized with SBA-15 silica as template[J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2007, 103(1/2/3): 158-165.
- [15] 李凯翔, 李晓红, 宋丽英. 手性修饰的介孔碳材料 MPC-61 负载铂催化剂上 α -酮酸酯的不对称氢化反应[J]. *高等学校化学学报*, 2011, 32(6): 1354-1359.
- [16] Li L, Zhu Z H, Lu G Q, *et al.* Catalytic ammonia decomposition over CMK-3 supported Ru catalysts: Effects of surface treatments of supports[J]. *Carbon*, 2007, 45(1): 11-20.
- [17] Kuppen B, Selvam P. Platinum-supported mesoporous carbon (Pt/CMK-3) as anodic catalyst for direct methanol fuel cell applications: The effect of preparation and deposition methods[J]. *Progress in Natural Science: Materials International*, 2012, 22(6): 616-623.
- [18] 张传香, 何建平, 周建华, 等. 有序介孔碳 CMK-3 微波负载 NiO 及其电容性能研究[J]. *化学学报*, 2008, 66(6): 603-608.
- [19] Dong X P, Shen W H, Gu J L, *et al.* A structure of MnO₂ embedded in CMK-3 framework developed by a redox method[J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2006, 91(1/2/3): 120-127.
- [20] Liu Z, Mi J H, Yang Y, *et al.* Synthesis of Pt-containing ordered mesoporous carbons and their catalysis for toluene hydrogenation[J]. *Materials Letters*, 2011, 65(23/24): 3548-3551.
- [21] Zhai Y P, Dou Y Q, Liu X X, *et al.* One-pot synthesis of magnetically separable ordered mesoporous carbon[J]. *Journal of Materials Chemistry*, 2009, 19(20): 3292-3300.
- [22] Liu S H, Lu R F, Huang S J, *et al.* Controlled synthesis of highly dispersed platinum nanoparticles in ordered mesoporous carbons[J]. *Chemical Communications*, 2006, (32): 3435-3437.
- [23] Wang Z L, Liu X J, Lv M F, *et al.* Simple synthesis of magnetic mesoporous FeNi/carbon composites with a large capacity for the immobilization of biomolecules[J]. *Carbon*, 2010, 48(11): 3182-3189.
- [24] Lin M L, Hara K J, Okubo Y, *et al.* Remarkable effect of ordered mesoporous carbon support in tantalum oxide-catalyzed selective epoxidation of cyclooctene[J]. *Catalysis Communications*, 2011, 12(13): 1228-1230.
- [25] Song X G, Ding Y J, Chen W M, *et al.* Bimetal modified ordered mesoporous carbon as a support of Rh catalyst for ethanol synthesis from syngas[J]. *Catalysis Communications*, 2012, 19: 100-104.
- [26] Wang Z L, Liu X J, Lv M F, *et al.* A new kind of mesoporous Fe₇Co₃/carbon nanocomposite and its application as magnetically separable adsorber[J]. *Materials Letters*, 2010, 64(10): 1219-1221.
- [27] 吴伟, 曹洁明, 陈煜, 等. 以多聚甲醛为还原剂制备新型阳极 Pt/CMK-3 催化剂[J]. *催化学报*, 2007, 28(1): 17-21.
- [28] Ma J Y, Xiang D, Li Z Q, *et al.* TiO₂ nanocrystal embedded ordered mesoporous carbons as anode materials for lithium-ion batteries with highly reversible capacity and rate performance[J]. *Cryst Eng Comm*, 2013, 15(34): 6800-6807.
- [29] Huang C C, Li Y H, Wang Y W, *et al.* Hydrogen storage in cobalt-embedded ordered mesoporous carbon[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2013, 38(10): 3994-4002.
- [30] Dibandjo P, Zloteca C, Gadiou R, *et al.* Hydrogen storage in hybrid nanostructured carbon/palladium materials: Influence of particle size and surface chemistry[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2013, 38(2): 952-965. ■

一种反渗透膜的氧化情况的染料判定方法 (CN 103551045)

本发明提供了一种反渗透膜的氧化情况的染料判定方法。该方法是采用染料对反渗透膜的氧化情况进行判定的方法,该方法包括以下步骤:将染料与溶剂混合得到染料溶液,将适量染料溶液滴在待检测的反渗透膜的表面;如果出现有颜色的区域,说明反渗透膜的脱盐层被损伤;如果染料不吸附于反渗透膜的表面,说明反渗透膜的脱盐层完好。采用本发明的方法能够快速准确地对反渗透膜是否存在损伤进行判定,便于对反渗透膜的氧化情况进行初步的评估和判断,具有成本低、操作简单、结果准确等优点。

一种超滤膜及其制备方法 (CN 103551054)

本发明涉及一种交联纤维素超滤膜及其制备方法。所述的交联纤维素超滤膜包括无纺布层和交联纤维素层,所述的无纺布选自聚酯无纺布、聚丙烯无纺布、聚乙烯无纺布、聚丙烯与聚乙烯聚合物无纺布,所述的交联纤维素为戊二醛与纤维素和聚乙烯醇交联聚合后的产物。本发明采用交联技术,利用纤维素和聚乙烯醇的特点,将纤维素酯水解出的羟基与聚乙烯醇间进行交联,该工艺生产过程简单,并将交联过程和膜烘干过程一体化,缩短了生产时间和生产成本,从而实现了耐碱性能的提升。