

高比表面氮化硼的制备方法研究进展

胡昆鹏, 袁颂东*, 罗意, 熊坤

(湖北工业大学 化学与化工学院, 湖北 武汉 430068)

摘要:近年来, 国内外相继报道了很多制备中孔六方氮化硼的新方法新工艺, 通过比较水(溶剂)热合成法、模板法、有机前驱体法、化学气相沉积法等几种主要制备方法, 指出了它们的优缺点及发展前景, 并对高比表面六方氮化硼的应用前景进行了展望。

关键词: 六方氮化硼; 高比表面; 制备方法

中图分类号: TM28 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-0143(2013)01-0055-06

0 引言

六方氮化硼(h-BN)具有与石墨类似的片层状结构, 外观为白色, 有“白石墨”之称。目前, 工业生产的氮化硼粉末都是采用简单的原料如硼酸和尿素或三聚氰胺通过冶金型的热解反应批量生产制得, 这些粉末通常都是无规则的团聚体, 外形呈片状, 比表面积很低(2~40 m²/g)并且无孔^[1]。但即便是比表面比较低, 这些市售的氮化硼粉末仍然有很多用途, 如用于制造耐高温坩埚、绝缘体、脱模剂、润滑剂等。当前已有多种新型高比表面、高孔隙率的非氧化物无机陶瓷粉末固体材料(如多孔氮化硅、氮化硼、氮化镓等)引起了研究人员的关注, 这些材料在用作催化剂载体、传感器、气体吸附剂、膜材料等方面均有较好的应用前景。其中中孔或微孔高比表面六方氮化硼材料的研制也不断取得新进展, 主要的制备方法有: 水(溶剂)热合成法、模板法、有机前驱体法、气相沉积法等。制备出的高比表面氮化硼呈现出多种形貌, 如中空微球形^[1]、海绵状^[2]、网状^[3]、片状^[4]、粉末状^[5]、竹节状^[6]等。

1 水(溶剂)热合成法

水(溶剂)热合成需在特制的密闭高压釜里进

行, 采用水溶液或其他溶剂作为反应介质, 溶剂作为一种化学组分参与反应, 既是溶剂, 又是矿化的促进剂, 同时还是压力的传递媒介。溶剂热反应路线主要是由钱逸泰的课题组研究并广泛应用的^[7]。

Zheng Ming-tao 等^[2]以 NH₄Cl、Al 粉、BBr₃ 为反应原料, 在一个 50 mL 的不锈钢反应釜中于 500 °C 下反应 10 h, 制得海绵状的氮化硼, 比表面积为 378 m²/g, 具体反应过程是 NH₄Cl 先热分解生成 NH₃, 然后 NH₃ 立即与 BBr₃ 反应生成六方氮化硼纳米晶体。Meng Xiang-lin 等^[3]以 CS(NH₂)₂ 和 NaBH₄ 为原料, 在一个 30 mL 的不锈钢反应釜中于 550 °C 下反应 10 h, 制得网状多孔氮化硼, 比表面积为 220 m²/g, 在这个反应中 CS(NH₂)₂ 对这种网状多孔氮化硼的形成起至关重要的作用, 因为它可以促进分子交联, 400 °C 时 CS(NH₂)₂ 开始分解生成 H₂S 和 NH₃, NH₃ 与 NaBH₄ 反应生成硼烷, 硼烷接着与 NH₃ 反应生成硼吡嗪, 在含硫混合物的协助以及 550 °C 反应釜中自发产生的压力下硼吡嗪分子之间会发生交联生成网状氮化硼。如果将原料中的氮源 CS(NH₂)₂ 替换为 CO(NH₂)₂ 则最终得到的是中孔氮化硼, 比表面积为 219 m²/g^[8]。Wang L. C. 等^[4]采用 B₂O₃、Zn 粉以及 N₂H₄·2HCl 为反应原料, 在一个 20 mL 的不锈

收稿日期: 2012-10-22

基金项目: 国家自然科学基金(51172066); 湖北省自然科学基金(2009CDB366)

作者简介: 胡昆鹏(1987—), 男, 硕士生, 研究方向: 新型纳米材料的制备及性能。

*通信作者: 袁颂东(1967—), 男, 教授, 研究方向: 纳米材料、能源环境材料、精细化学品的工艺改进。

E-mail:yuansd2001@126.com

钢反应釜中于 500 °C 下反应 12 h, 制得了比表面积达 226 m²/g 的氮化硼纳米片, 在这个反应中 Zn 粉起至关重要的作用, 具体反应过程是: N₂H₄·2HCl 在 240 °C 时分解生成 ZnCl₂、H₂ 和 HCl, 然后熔融的 B₂O₃ 与 Zn 粉以及 N₂ 反应生成 BN 和 ZnO, 同时 Zn 粉还会与 HCl 反应原位生成 ZnCl₂, 在这个反应中原位 ZnCl₂ 起活性剂的作用。Sun C. H. 等^[9] 采用 S 粉辅助的方法合成了具有一定有序孔洞结构的三维大孔氮化硼材料, 这种制备方法采用 NH₄BF₄、Fe 粉和 S 粉为原料, 以一个 25 mL 的不锈钢反应釜为反应器, 在 500 °C 下反应 20 h, 制得的氮化硼具有高比表面积(230 m²/g) 和高孔隙率(85.6%) 且呈开孔结构, 在这个反应中, S 粉对高比表面氮化硼的形成起至关重要的作用, 在高温下产生的 S 蒸汽不仅可以促使 h-BN 片层形成孔洞, 而且 S 蒸汽还可促进反应物料混合均匀并降低反应物的扩散势垒, 从而使反应进行得更完全, 并且还使产品尺寸与形貌更加规整。

目前, 虽然采用水(溶剂)热合成法在低温下就可以合成出高比表面的氮化硼, 但在我国采用水(溶剂)热合成法制备纳米材料与日、美等国相比尚存在一定差距, 主要表现在重复性、模仿性的研究多, 开拓性、创新性的研究少, 大部分工作停留在实验室几十毫升小高压釜水平上且多为工艺研究, 基础性研究较少, 工程化方面的研究力度不够, 以致许多研究成果难以及时转化为工业规模生产。另外, 产率普遍偏低, 多数原料不稳定且有毒, 对环境污染比较大。因此, 探索合适的溶剂、原料以及添加剂来降低反应温度并提升产率是水(溶剂)热合成法发展的主要方向。

2 模板法

模板法是选用具有特定结构的物质来引导纳米材料的制备与组装, 从而把模板的结构复制到产物中去的过程。目前, 模板合成法主要有硬模板法和软模板法两种。

2.1 硬模板法

硬模板多是利用材料的内表面或外表面为模板, 填充到模板的单体进行化学反应, 通过控制反应时间, 除去模板后可以得到多孔材料, 通常

使用的硬模板包括中孔碳^[10]、SiO₂^[11]、沸石分子筛^[12]等。Han W. Q. 等^[13] 以多孔碳为模板, B₂O₃ 为硼源, 在 N₂ 氛围下于 1 580 °C 反应 45 min 制得了比表面积达 168 m²/g 的多孔氮化硼。Ajayan Vinu 等^[10] 以中孔碳为模板, B₂O₃ 为硼源, 在 N₂ 流中于 1 750 °C 下反应 45 min 制得了中孔氮化硼, 比表面积高达 565 m²/g。P. Dibanjo 等^[14] 采用自制的介孔碳 CMK-3 为模板、以三甲氨基环硼氮烷(MAB) 作为氮化硼的前驱体, 先将 MAB 溶液注入到 CMK-3 中, 再在 N₂ 流中于 1 000 °C 下反应一段时间制备出 BN-C 复合材料, 然后再把这种复合材料置于 NH₃ 氛围中于 1 000 °C 下反应一段时间以除去碳模板, 最终得到了比表面积高达 540 m²/g 的中孔氮化硼。M. Terrones 等^[15] 采用自制的球形纳米多孔碳作为模板, 以 B₂O₃ 为硼源, 在 N₂ 流中于 1 700 °C 下反应 30 min, 制得了比表面积达 290 m²/g 的多孔球形氮化硼。

以上都是采用多孔碳或介孔碳材料为模板制备中孔氮化硼, 下面两种方法分别是采用多孔 SiO₂ 和沸石分子筛为模板来制备高比表面氮化硼。Johan G. Alauzun 等^[11] 首先制备出泡沫状 SiO₂, 然后以这种块体泡沫状 SiO₂ 为硬模板在其内部注入碳源制备出一种微/中/大孔碳质泡沫状复合材料, 接下来就是在惰性氛围下使上一步制备的微/中/大孔碳质泡沫状复合物碳化, 再用氢氟酸使 SiO₂ 模板溶解从而制得一种多孔碳质泡沫状物质, 上述操作实际上就是将泡沫状 SiO₂ 模板的多孔结构复制到产物多孔泡沫状碳中。接下来就以这种多孔碳为模板制备多孔氮化硼, 具体做法是在惰性环境下将聚硼氮烷(BN 前驱体) 注入到多孔碳内, 在 N₂ 氛围中使聚硼氮烷在多孔碳的多孔结构中发生热解, 然后在一定温度下于 NH₃ 氛围中处理一段时间以除去碳模板, 最终制得了一种新型块体分层泡沫状氮化硼材料, 比表面积为 300 m²/g。S. Schlienger 等^[12] 以沸石为模板采用气相沉积法使碳渗入其多孔结构之中, 然后将制得的沸石-碳质复合材料浸入氢氟酸中使沸石溶解, 从而制得一种微孔碳材料。随后又以制备出的微孔碳为模板, 采用纳米铸型工艺将自制的聚硼氮烷(BN 前驱体) 溶液注入微孔碳模板中, 再将制备出的复合材料在 1 200 °C 下于 N₂ 氛围中反

应2 h,反应完之后又在1 000 °C下于NH₃氛围中处理一整夜使碳模板被除去,最终得到了一种微-中孔氮化硼材料,其比表面积高达570 m²/g。

硬模板合成低维材料的后处理一般都比较麻烦,往往需要用一些强酸、强碱或有机溶剂除去模板,这不仅增加了工艺流程,而且容易破坏模板内的纳米结构。

2.2 软模板法

软模板多是采用表面活性剂,当溶液浓度达到临界胶束浓度之后,表面活性剂自发聚集成排布规则的胶束,即所谓模板^[8]。采用软模板法制备高比表面氮化硼的相关文献不多。如P. Dibandjo等^[16]以三甲基胺环硼氮烷为前驱体、以阳离子表面活性剂十六烷基三甲基溴化铵作为软模板制备出了一种中孔氮化硼,比表面积高达800 m²/g。沈阳大学的崔行宇^[17]采用阳离子表面活性剂十六烷基三甲基氯化铵或十二烷基三甲基氯化铵作为支撑软模板,以硼砂和硼酸为硼源,以尿素为氮源,采用高分子网络法制得了一种六方氮化硼前驱体,然后再将这种氮化硼前驱体在一定温度下氮化处理一定的时间而制得六方氮化硼粉末,其比表面积也达到了230.15 m²/g。

3 有机前驱体转化法

有机前驱体转化法制备高比表面多孔氮化硼主要采用的前驱体有3种:氨基硼烷及其聚合物、三氯硼吡嗪(B-trichloroborazine, TCB)及其聚合物、硼吡嗪及其聚合物。如Theodore T. Borek等^[18]采用聚合物一聚4, 6-二氨基硼烷为有机前驱体,使其在600~1 200 °C的温度下真空热解,最终制备出了比表面积为50~700 m²/g且80%以上的孔均为微孔的高比表面高微孔的氮化硼材料。Jose' Antonio Perdigon-Melon等^[5]分别以TCB、聚硼氮烷、MAB这3种有机物为前驱体,在NH₃氛围中于1 800 °C下进行热解反应制备氮化硼,比表面测试结果表明以聚硼氮烷为前驱体时制备的氮化硼比表面积最高为482.7 m²/g。G. Postole等^[19-21]也分别采用了3种聚合物:TCB、聚三甲氨基环硼氮烷、聚硼氮烷为前驱体制备氮化硼,使前驱体在一定温度下于N₂流中发生陶瓷化反应即可制得氮化硼粉末,实验结果发现得到的

比表面积最高(375 m²/g)的产物采用的前驱体是聚三甲氨基环硼氮烷,但纯度最高、性质最稳定的产物却是由聚环硼氮烷前驱体热解得到的(虽然其比表面积只有184 m²/g)。

L. Laversenne等^[22]采用TCB为前驱体,首先使前驱体在NH₃流中被加热到650 °C,炉温升至650 °C之后立即将NH₃关闭,开通N₂并维持在N₂氛围中使炉温升至1 000 °C,在此温度下保温一段时间便可得到高反应活性的h-BN粉末,最后将上述制得的粗产物在N₂氛围下于1 800 °C下进行退火处理,最终制得了高比表面(>300 m²/g)、表面呈纳米球形纹理结构且性质非常稳定的氮化硼。

尽管采用有机前驱体转化法能够制得高产率、高纯度、高比表面的氮化硼,但是这种方法涉及到的有机前驱体例如环硼氮烷、聚氨基硼氮烷等的合成比较复杂(必须在手套箱中进行操作),而且产量低,这大大限制了这种方法的应用和发展。因此,寻找一种制备方法简单且产率高的前驱体来制备高比表面氮化硼具有十分重要的意义。本课题组采用来源方便、价格低廉的原料得到一种氮化硼前驱体,通过简单的制备工艺制得了比表面接近1 000 m²/g的氮化硼,这种制备方法不仅工艺简单、重复性高,而且前驱体的制备简单、产率高,该方法极具工业化生产潜力。

4 其他制备方法

除上述3种常见的制备方法外,文献报道中还提到了一些其他制备方法,如气相沉积法(CVD)、气凝胶技术等,另外,对传统的高温固相合成方法进行改进也可以制得比表面积较高的氮化硼。

4.1 气相沉积法(CVD)

采用CVD法制得的高比表面氮化硼主要是氮化硼纳米管(BNNTs)。如Tang C. C.等^[23]采用一种新型的前驱体混合物B₂O₂和Mg通过CVD法制备出了高产率(以B元素计产率为40%)、高比表面(254.2 m²/g)的BNNTs,然后将制备的BNNTs平铺在Pt金属片上置于高纯Ar氛围中于1 500 °C下热处理6 h,经过Pt辅助的高温热处理之后制得的BNNTs管壁呈塌陷状,其比表面得到大幅提

升(789.1 m²/g)。Arava Leela Mohana Reddy等^[24]采用原位硅辅助催化的CVD法制备出了几种不同结构的氮化硼纳米材料:花状结构的纳米氮化硼、长竹节状BNNTs以及直壁BNNTs,经过BET测试得到这3种氮化硼纳米材料的比表面积分别为180、230、210 m²/g。虽然CVD法制备的BNNTs比表面较高,但这种方法不适合大量生产,因为所涉及的操作较复杂,另外从经济角度考虑的话,这种方法也不适合应用。

4.2 气凝胶技术

采用气凝胶技术也可以制备出高比表面氮化硼,如David A Lindquist等^[25]以聚2,4,6-三氨基硼烷为前驱体,先是采用临界点干燥法制备出一种气凝胶,然后再在高温下使这种气凝胶前驱体分解而制备出一种低密度、高比表面(400 m²/g)且中孔比例很高的氮化硼材料。Gary L. Wood等^[1]以H₃BO₃为硼源、NH₃为氮源、N,N-二甲基甲酰胺为溶剂,采用一种简单的两步气凝胶工艺法制备出了一种比表面500~1400 m²/g的中空球形氮化硼粉末。然而,气凝胶先驱体的制备很复杂,另外,超临界干燥法的实施也很复杂,因此这种制备工艺也不适合工业化生产。

4.3 高温固相合成法

对传统的高温固相合成方法进行改进也能制得比表面较高的氮化硼材料,如徐春风等^[26]分别采用程序升温氮化法、程序升温还原法制得了比表面超过100 m²/g的氮化硼。第一种方法是以无水硼砂和氯化铵为原料,在NH₃流中于850℃下反应5h制得氮化硼粗产品,然后将粗产品酸洗、水洗数次,烘干即可得到纯度较高的氮化硼粉末,比表面为103 m²/g。第二种方法是以尿素、硼酸和硝酸铁为反应物,在高纯H₂流中于850℃下反应7h制得氮化硼粗产品,然后将粗产品经过蒸馏水和盐酸洗涤数次之后于120℃下干燥10h,最终得到的产物比表面为138 m²/g。

5 高比表面氮化硼的应用前景展望

5.1 催化剂载体

h-BN具有很多优良的性质,如化学惰性、高熔点、低密度、高热导性、高电绝缘性、在高温和强光照条件下具有高抗氧化性,另外它还具有一

个人们较少关注的性质——憎水性强,即使在高温或化学活性环境下仍能防止湿气凝结且能保持其表面的稳定性,这个特性使其可能成为一种很好的催化剂载体。传统的催化剂载体虽能提供较高的比表面积,但其热导效率非常低(易导致载体和金属之间发生烧结),具有亲水性表面(易引起催化剂表面覆盖上一层来自周围环境中的水),化学活性强(易在催化剂表面形成酸性点或碱性点),此类载体在一些苛刻的反应条件下,比如高温高压、强酸、原料含杂质多时,将导致催化剂活性降低和寿命减短,而h-BN正好可以克服这些缺点。以氮化硼作为催化剂载体已有不少相关文献报道^[27-31],研究表明以氮化硼作为载体的催化剂比传统的催化剂载体具有更好的催化性能,然而这些研究均采用的是市售的块体氮化硼,比表面积仅为25 m²/g左右,远比二氧化硅、氧化铝、沸石分子筛、活性碳等传统的催化剂载体的比表面积要低。众所周知,催化剂载体的比表面积越高,越有利于活性组分的分散,从而提高其催化活性,因此采用高比表面的氮化硼作为催化剂载体将具有很好的应用开发前景。

5.2 储氢材料

氢能源作为环保能源日益受到人们的重视,然而目前使用氢能源的一个主要问题是如何安全高效地储氢,而高比表面的BNNTs以及中空球形BN具有吸附氢原子空洞的特点,可被用作储氢材料。Ma R. Z.等^[6]首次测试了BNNTs的储氢能力,氢气的吸附量被定义为吸氢实验之后BNNTs增加的质量比最初的BN的质量与已吸收的氢气质量之和,在10 MPa下BNNTs的储氢能力为1.8%(质量分数),而竹节状BN纤维的储氢能力为2.6%(质量分数),这比市售的BN粉末的储氢量(0.2%(质量分数))提高了不少,化学吸附被认为是主要的吸附机理。随后,Takeo Oku等^[32-33]也发现BNNTs和BN笼的混合物储氢能力达到了3.0%(质量分数)。Tang C. C.等^[23]合成了坍塌结构的BNNTs,与普通的BNNTs(比表面为254.2 m²/g)相比,坍塌结构的BNNTs的比表面积有了大幅提升(789.1 m²/g),经测试在10 MPa下坍塌结构的BNNTs具有4.2%(质量分数)的储氢能力。Arava Leela Mohana Reddy等^[24]在100 bar

的氢气压力下和298 K下发现竹节状的BNNTs具有3.0%(质量分数)的储氢能力。本课题组制备的多孔氮化硼比表面接近1 000 m²/g,有望作为较好的储氢材料。

参考文献:

- [1] Wood G L, Paine R T. Aerosol synthesis of hollow spherical morphology boron nitride particles[J]. *Chem Mater*, 2006, 18(20): 4716-4718.
- [2] Zheng M T, Liu Y L, Gu Y L, et al. Synthesis and characterization of boron nitride sponges as a novel support for metal nanoparticles[J]. *Science in China Series B: Chemistry*, 2008, 51(3): 205-210.
- [3] Meng X L, Lun N, Qi Y Q, et al. Low-temperature synthesis of meshy boron nitride with a large surface area[J]. *Eur J Inorg Chem*, 2010(20): 3174-3178.
- [4] Wang L C, Sun C H, Xu L Q, et al. Convenient synthesis and applications of gram scale boron nitride nanosheets[J]. *Catal Sci Technol*, 2011, 1: 1119-1123.
- [5] Perdigon-Melon J A, Auroux A, Guimon C, et al. Micrometric BN powders used as catalyst support: influence of the precursor on the properties of the BN ceramic[J]. *Journal of Solid State Chemistry*, 2004, 177(2): 609-615.
- [6] Ma R Z, Bando Y, Zhu H W, et al. Hydrogen uptake in boron nitride nanotubes at room temperature[J]. *J Am Chem Soc*, 2002, 124(26): 7672-7673.
- [7] 孙玉绣, 张大伟, 金政伟. 纳米材料的制备方法及其应用[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2010.
- [8] Meng X L, Lun N, Qi Y X, et al. Simple synthesis of mesoporous boron nitride with strong cathodoluminescence emission[J]. *Journal of Solid State Chemistry*, 2011, 184(4): 859-862.
- [9] Sun C H, Xu L Q, Ma X J, et al. Sulfur-assisted synthesis of highly porous macroporous boron nitride materials[J]. *Chinese Journal of Inorganic Chemistry*, 2012, 28(3): 601-606.
- [10] Vinu A, Terrones M, Golberg D, et al. Synthesis of mesoporous BN and BCN exhibiting large surface areas via templating methods[J]. *Chem Mater*, 2005, 17(24): 5887-5890.
- [11] Alauzun J G, Ungureanu S, Brun N, et al. Novel monolith-type boron nitride hierarchical foams obtained through integrative chemistry[J]. *J Mater Chem*, 2011, 21: 14025-14030.
- [12] Schlienger S, Alauzun J, Michaux F, et al. Micro-, mesoporous boron nitride-based materials templated from zeolites[J]. *Chem Mater*, 2012, 24(1): 88-96.
- [13] Han W Q, Brutchey R, Tilley T D, et al. Activated boron nitride derived from activated carbon[J]. *Nano Lett*, 2004, 4(1): 173-176.
- [14] Dibanjo P, Bois L, Chassagneux F, et al. Synthesis of boron nitride with ordered mesostructure[J]. *Adv Mater*, 2005, 17(5): 571-574.
- [15] Terrones M, Charlier J C, Gloter A, et al. Experimental and theoretical studies suggesting the possibility of metallic boron nitride edges in porous nanourchins[J]. *Nano Lett*, 2008, 8(4): 1026-1032.
- [16] Dibandjo P, Bois L, Chassagneux F, et al. Thermal stability of mesoporous boron nitride emplaced with a cationic surfactant[J]. *Journal of the European Ceramic Society*, 2007, 27(1): 313-317.
- [17] 崔行宇. 六方氮化硼微观结构与吸附性能的研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2012.
- [18] Borek T T, Ackerman W, Hua D W, et al. Highly microporous boron nitride for gas adsorption[J]. *Langmuir*, 1991, 7(11): 2844-2846.
- [19] Postole G, Bonnetot B, Gervasini A, et al. Characterisation of BN-supported palladium oxide catalyst used for hydrocarbon oxidation[J]. *Applied Catalysis A: General*, 2007, 316(2): 250-258.
- [20] Postole G, Caldaru M, Bonnetot B, et al. Influence of the support surface chemistry on the catalytic performances of PdO/BN catalysts[J]. *J Phys Chem C*, 2008, 112(30): 11385-11393.
- [21] Postole G, Caldaru M, Bonnetot B, et al. Characterization of high surface area hexagonal boron nitride by in situ electrical conductivity[J]. *Diamond & Related Materials*, 2009, 18: 1052-1056.
- [22] Laversenne L, Miljanic Š, Miele P, et al. High surface and high nanoporosity boron nitride adapted to hydrogen sequestration[J]. *Materials Science Forum*, 2007, 555: 355-362.
- [23] Tang C C, Bando Y, Ding X X, et al. Catalyzed collapse and enhanced hydrogen storage of BN nanotubes[J]. *J Am Chem Soc*, 2002, 124(49): 14550-14551.
- [24] Reddy A L M, Tanur A E, Walker G C. Synthesis and hydrogen storage properties of different types of boron nitride nanostructures[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2010, 35(9): 4138-4143.
- [25] Lindquist D A, Borek T T, Kramer S J, et al. Formation

- and pore structure of boron nitride aerogels[J]. Journal of the American Ceramic Society, 1990, 73 (3) : 757-760.
- [26] 徐春风, 欧阳亮, 张佳, 等. 氮化硼载体对 Ru-Ba/BN 氨合成催化剂性能的影响[J]. 催化学报, 2010, 31 (6):677-682.
- [27] Wu J C S, Lin Z A, Pan J W, et al. A novel boron nitride supported Pt catalyst for VOC incineration [J]. Applied Catalysis A: General, 2001, 219 (1/2) : 117-124.
- [28] Wu J C S, Chen C Y, Lin S D. Boron nitride supported Pt catalyst for selective hydrogenation[J]. Catalysis Letters, 2005, 102(3/4) :223-227.
- [29] Wu J C S, Cheng T S, Lai C L. Boron nitride supported Pt-Fe catalysts for selective hydrogenation of crotonaldehyde [J]. Applied Catalysis A: General, 2006, 314 (2):233-239.
- [30] Wu J C S, Lin S J. Novel BN supported bi-metal catalyst for oxydehydrogenation of propane [J]. Chemical Engineering Journal, 2008, 140(1/2/3) :391-397.
- [31] Wu J C S, Chou H C. Bimetallic Rh-Ni/BN catalyst for methane reforming with CO₂[J]. Chemical Engineering Journal, 2009, 148(2/3) :539-545.
- [32] Oku T, Narita I. Calculation of H₂ gas storage for boron nitride and carbon nanotubes studied from the cluster calculation[J]. Physica B: Condensed Matter, 2002, 323 (1-4):216-218.
- [33] Oku T, Kuno M. Synthesis, argon/hydrogen storage and magnetic properties of boron nitride nanotubes and nanocapsules [J]. Diamond and Related Materials, 2003, 12(3-7) :840-845.

Study Progress of Preparation Methods of Boron Nitride with High Specific Surface Area

HU Kun-peng, YUAN Song-dong, LUO Yi, XIONG Kun

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, Hubei, China)

Abstract: Many researches on the preparation of mesoporous hexagonal boron nitride (h-BN) have been made in recent years. Some synthesis methods of h-BN with high specific surface area are introduced, mainly introduces water (solvent) heat-sealing method, template method, organic precursor process, chemical vapor deposition and so on. The characteristics of these methods and existing problems are pointed out. Moreover, the development prospect of these methods and the application prospect of h-BN with high specific surface area are presented.

Key words: hexagonal boron nitride; high specific surface area; preparation method

(责任编辑: 曾 婷)