



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1769249 B

(45) 授权公告日 2010.06.02

(21) 申请号 200410099739.9

审查员 罗玲

(22) 申请日 2004.11.06

(30) 优先权数据

PA200301648 2003.11.06 DK

(73) 专利权人 赫多特普索化工设备公司

地址 丹麦灵比尼莫尔

(72) 发明人 I·施密德特 C·H·克里斯滕森

M·布罗尔森 E·G·德鲁亚内

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 赵苏林

(51) Int. Cl.

C07C 5/27(2006.01)

C07C 15/08(2006.01)

(56) 对比文件

US 6620402 B, 2003.09.16, 全文.

US 4159282 A, 1979.06.26, 全文.

US 4283584 A, 1981.08.11, 全文.

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 1 页

(54) 发明名称

芳香族化合物的催化异构化方法

(57) 摘要

本发明涉及一种烃类物流中烷基芳香烃的催化异构化方法,其包括在催化异构化条件下,使含烷基芳香烃化合物的烃类物流与由具有晶粒间的、非结晶中孔体系的单独的、一次晶体组成的结晶沸石催化剂相接触,其中沸石晶体的中孔体积大于 0.25。

1. 一种用于烃类物流中的 C_8 芳香族化合物的催化异构化方法,其包括:
在催化异构化条件下,使含 C_8 芳香族化合物的烃类物流与由具有晶粒间的、非结晶中孔体系的单独的、一次晶体组成的结晶沸石 ZSM-5 催化剂相接触,
其中沸石晶体的中孔体积大于 0.25ml/g 。
2. 根据权利要求 1 的方法,其中 C_8 芳香族化合物是二甲苯异构体的混合物。
3. 根据权利要求 2 的方法,其中二甲苯异构体是间 - 二甲苯。
4. 根据权利要求 1 的方法,其中沸石催化剂的晶体在两个方向上的尺寸最少为 $0.5\mu\text{m}$ 。

芳香族化合物的催化异构化方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及芳香烃的转化,特别是涉及通过使用分子择形沸石催化剂使二甲苯混合物的异构化。

背景技术

[0002] 二甲苯异构化是石化工业中一个主要的方法,其按照化学重要性以降序将富间二甲苯的原料转化成对位异构体、邻位异构体和间位异构体的平衡混合物。这种异构化优选通过使用中等孔径分子择形沸石催化剂进行,更具体的说,是那些衍生自 ZSM-5 的催化剂, ZSM-5 限制生成不想要的三甲基苯、甲苯和苯产物的烷基交换(歧化)反应。

[0003] 使用分子择形沸石催化剂来实现芳族的转化已有很多文献报道,沸石 ZSM-5 是最常用的优选催化剂。为使反应物和/或产物在外部的液相或气相与沸石晶体内部微孔之间实现转移,改变分子择形的性能和/或达到最佳的扩散性能对于获得需要的产率和选择性是必需的。这在 N. Y. Chen 和 W. E. Garwood, Catal. Rev. Sci. Eng., 28(1986)185 以及 K. Tanabe 和 W. Hoelderich, Appl. Catal. A:General, 181(1999)399 中有所描述。这些转化改性包括通过各种已有的方法来控制孔径和/或在制备催化剂的过程中控制粒径,但是不包括在没有影响分子择形能的情况下能够增加沸石孔径的其他方法。

[0004] 美国专利 US2001024635 公开了小晶体的 ZSM-5 的制备及其在例如甲苯的歧化和二甲苯的异构化的烃类转化反应中的有益用途,其中,高活性和/或反应物和/或产物从沸石孔中的快速扩散是重要的。典型地,这种 ZSM-5 晶体有着小于 0.05 微米的晶径,并且它们的附聚体具有大于 $45\text{m}^2/\text{g}$ 的外表面积。粒径分布在此范围的纳米大小的晶体的聚集/附聚作用形成了直径在中孔区域的晶粒间多孔性。

[0005] 本领域中已经知道,小沸石晶体由于它们结构的易碎性,在被用作烃转化反应的催化剂时更容易惰性化,这已披露于在 W. Zhang, X. Han, X. Liu, X. Bao, Microporous Mesoporous Materials, 50(2001)13。

[0006] 在二甲苯中,对位异构体和邻位异构体是最想要的化合物,前者尤其被优选,因此人们广泛关注将间二甲苯(含有较少量的邻二甲苯)异构化为所有这三种异构体的平衡混合物,通过吸附或结晶可以从该混合物中分离得到对位异构体。

[0007] 在美国专利 US5495061 中详细描述了吸附过程。该过程(又被称为 Parex™ 过程)的有关信息在下述网址 <http://www.uop.com/techsheets/parex.pdf> 中也有描述。

[0008] 在 T. C. Tsai, S. B. Liu, I. Wang, Applied Catalysis A:General, 181(1999)355. 中描述了结晶过程。平衡混合物由大约 50% 的间二甲苯与等量的对二甲苯和邻二甲苯组成。然而,间二甲苯和邻二甲苯都比对二甲苯体积大,由于它们接近沸石催化剂的微孔,导致了扩散上的局限性。因此,小沸石晶体催化剂是首选的。

[0009] 国际专利申请号 00/71225 和 01/49607 描述了其它类型的中孔性物质,作为已知的烷基芳香烃异构化的催化剂。这些中孔催化剂的缺点是它们并不形成真的晶体物质。它们的热稳定性低并且酸度低。另外,它们对抵抗碳沉积没有效果。这些类型的物质的例子

是 MCM41 物质,其在美国专利 5098684 中有更进一步的描述。

[0010] 美国专利 3926782 公开了通过使用晶径为 0.005-0.1 微米的 ZSM-5 晶体的烃转化反应,以及美国专利申请 2001024635 公开了晶径小于约 0.05 微米的小晶体 ZSM-5 作为二甲苯的液相异构化的有用的、改进的催化剂。后面的这个催化剂是具晶粒间中孔的小 ZSM-5 晶体的凝聚体,其外表面积大于 $45\text{m}^2/\text{g}$,允许间二甲苯和邻二甲苯容易接近沸石的中孔并在低异构化转化温度 (40°C) 下表现出高活性。然而,在 W. Zhang, X. Han, X. Liu, X. Bao, Microporous/Mesoporous Materials, 50 (2001) 13 中可以得知较小的沸石晶体具有较小的内在稳定性。

[0011] 美国专利 US6565826 和美国专利申请 US20020034471 公开了制备拥有既定的和可协调的晶粒间中孔体系的并分别为曲折或垂直的大沸石初级晶体的方法,在此均作为参考。按照公开的方法制备得到的 ZSM-5 晶体在两个方向上典型地具有超过 0.5 微米的大小和大于 0.25ml/g 的中孔体积。与类似尺寸的常规沸石晶体相比较,这些中孔沸石晶体表现出明显改进的扩散性能。在 C. J. H. Jacobsen, J. Houzvicka, I. Schmidt, A. Carlsson, J. Am. Chem. Soc., 122 (2000) 7116 中有进一步地描述,在此引用以作为参考。

[0012] 因此,需要合成和使用催化性能提高到接近晶粒间的中孔同时又能保持它们结构框架稳定性的沸石催化剂。

发明内容

[0013] 本发明涉及一种芳香烃转化的方法,尤其是通过使用限制烷基交换(歧化)反应的分子择形沸石催化剂将主要包含间位异构体的二甲苯混合物转化成富对二甲苯和邻二甲苯的二甲苯异构体的平衡混合物的方法。否则,烷基交换作用导致生成了不需要的三甲基苯和甲苯。更具体地,本发明涉及这种分子择形沸石的高性能,除结构微孔之外,其沸石晶体在每个沸石晶体中拥有结构中孔。

[0014] 现在已经得知,具有如美国专利 US6565826 和美国专利申请 US20020034471 中所披露的中孔结构的晶体沸石,对烷基化的芳香烃化合物的转化、更具体地说是间二甲苯的异构化而言,活性提高,同样如所属领域所知,对其它相关的芳香烃转化反应,如甲苯的歧化反应,其活性也提高。

[0015] 这里描述了一种芳香烃选择性转化的方法,例如间位二甲苯和邻位二甲苯异构体的转化,在中孔沸石尤其是中孔 ZSM-5 的存在下,转化为二甲苯异构体的平衡混合物。所述中孔沸石具有大的沸石一次晶体,其通过在可在合成后被除去的基体的表面和里面结晶沸石而获得晶粒间中孔。

[0016] 对于含有芳香族化合物的烃类物料的转化,优选二甲苯的异构化和甲苯的歧化,更优选二甲苯的异构化,这些中孔沸石表现出优异的性能。

[0017] 附图简述

[0018] 图 1 显示达到平衡物的转化率。

具体实施方案

[0019] 因此,本发明涉及一种在烃类物流中烷基芳香烃的催化异构化方法,其包括在异构化条件下使含烷基芳香烃化合物的烃类物流与结晶沸石催化剂接触,该催化剂由具有晶

粒间的、非结晶中孔体系的单独的、一次晶体组成,其中沸石晶体的中孔体积大于 0.25ml/g。

[0020] 文中所用的术语“中孔的”和“中孔”,是指中孔沸石,其由单独的、一次晶体组成,该晶体具有晶粒间的、非结晶的中孔体系且沸石晶体中孔体积超过 0.25ml/g,以及每个晶体内的中孔具有的根据 IUPAC 定义的孔径范围即孔直径为 2-50 纳米。

[0021] 已经发现,在芳香烃转化反应中,中孔晶体是有用的催化剂,这里高活性和 / 或反应物和 / 或产物从沸石孔中的快速扩散是重要的。在例如 J. Houzvicka, C. J. H. Jacobsen, I. Schmidt, Stud. Surf. Sci. Catal., 135 (2001) 158. 所描述的链烷烃加氢异构化中,这些准则同样重要。

[0022] 在烷基芳香族化合物的异构化中,这些中孔沸石催化剂具有有效防止碳沉积和拥有大量易接近的活性位的优点。相对于 MCM-41 型物质,它们还有改善的热稳定性和高酸度的优点。

[0023] 中孔沸石催化剂的例子为中孔 ZSM-5,烷基芳香族化合物的例子为二甲苯。

[0024] 中孔 ZSM-5 通常以铝硅酸盐合成。然而,骨架铝可以部分地或完全用其它三价元素所代替,例如硼、铁和 / 或镓,并且骨架硅可以被其它四价元素所代替,例如锆或钛。

[0025] 在本发明中用作催化剂的中孔 ZSM-5 晶体,通过透射 (TEM) 或扫描 (SEM) 电子显微镜方法测量,其在两个方向上典型地具有最少为 0.5 μm 的尺寸。

[0026] 酸性、单功能、中孔 ZSM-5 晶体可以通过引入加氢作用 / 脱氢功能,通常是 VIII 族金属,特别是铂,转化成双功能催化剂。

[0027] 当用作催化剂,需要在大的中孔沸石中引入一种或多个种其它的耐热和其它所应用方法中所采用的条件的材料。这些材料包括沸石含量在 1 至约 90% 重量范围的活性的或非活性的、天然的或合成的、多孔的或非孔的材料。

[0028] 二甲苯的异构化可以在包括温度约 200-600 $^{\circ}\text{C}$ 、压力约 1-100 大气压 (100-10,000kPa)、重量时空速率 (WHSV) 约 0.5-100 h^{-1} 、氢气 / 烃化合物的摩尔比为 0-10 至约 10 的反应条件下进行 [N. Y. Chen, W. E. Garwood, Catal. Rev. -Sci. Eng., 28 (1986) 185]。

[0029] 一个合成方法的例子是低压二甲苯的异构化,反应中没有使用氢气,而且应用在约 300-400 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内呈相对高酸性的催化剂的异构化反应通常是两步反应,在第二步, C_8 芳香族流首先历经乙苯转化步骤。高温二甲苯异构化使用了含有痕量浓度的铂的低酸性的 ZSM-5 催化剂,在高于 425 $^{\circ}\text{C}$ 温度下进行反应,使乙苯氢化去烷基化。

[0030] 本发明和实施本发明的方式将在以下的实施例中做出更全面的描述。

[0031] 实施例

[0032] 实施例 1 (对比例)

[0033] 常规 ZSM-5 的制备

[0034] 常规的 ZSM-5 沸石是由摩尔组分为 $1\text{Al}_2\text{O}_3 : 9\text{TPA}_2\text{O} : 1.25\text{Na}_2\text{O} : 50\text{SiO}_2 : 385\text{H}_2\text{O}$ 的凝胶通过结晶而制备得到。凝胶可以通过将四丙基氢氧化铵 (147g, 40wt%) 的水溶液加到水 (22g) 中,并接着将铝酸钠盐 (3.00g, NaAlO_2 , 54wt% Al_2O_3 , 41wt% Na_2O) 在搅拌下加入到混合物中而得到。搅拌一直持续铝酸钠盐溶解,之后加入四乙基正硅酸盐 (166g, $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$, 99%)。

[0035] 剧烈搅拌所得到的两相体系 3 小时,在此期间四乙基正硅酸盐水解生成单水相凝

胶。将该凝胶引入一个特氟隆衬里的不锈钢高压釜中,在 180℃下加热 72 小时。将高压釜冷却到室温以后,将产品悬浮在水中,抽滤,再悬浮在水中,然后再过滤。该过程重复四次。

[0036] 最后,产品在 110℃下干燥 10 小时。干燥的产品在马弗炉中以 550℃下焙烧 4 小时。接着将焙烧过的沸石以每克沸石 10 克的 $2\text{MNH}_4\text{NO}_3$ 溶液进行离子交换。将悬浮液加热到 60℃,持续 2 小时,并一边搅拌,沸石通过过滤从离子交换溶液中分离出来,重复离子交换过程。然后将悬浮液过滤,滤饼用蒸馏水洗涤,在 110℃下干燥 10 小时,然后在马弗炉中在 550℃下焙烧 4 小时而得到 H^+ -型沸石。

[0037] 通过原子发射光谱 (AES) 测定,所合成的 H-ZSM-5 催化剂的硅 / 铝 ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) 摩尔比为 50;通过氮吸附测定,的 BET 表面积为 $370\text{m}^2/\text{g}$,根据 SEM 测量估计平均晶体大小为 0.2 微米。通过氮吸附和程序升温解吸附测定催化剂的酸度,酸性位的浓度估计为 $0.094\text{mmol}/\text{g}$ 。

[0038] 实施例 2

[0039] 中孔 ZSM-5 的制备

[0040] 在 130℃下干燥 40g 炭黑 (由 Carbot 公司提供的 BlackPearls2000) 12 小时而制备得到中孔 ZSM-5 沸石。用四丙基氢氧化铵 (40wt%, 73.5g)、铝酸钠 (NaAlO_2 , 54wt% Al_2O_3 , 41wt% Na_2O , 0.75g)、水 (11g) 和乙醇 (65g) 的澄清溶液浸渍所用的冷却的炭黑。在乙醇挥发以后,炭黑以相应量的四乙基正硅酸盐 (99%, $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$, 83g) 浸渍而形成炭黑的初湿润浸渍体。所产生的合成凝胶的组成为 $1\text{Al}_2\text{O}_3 : 20\text{TPA}_2\text{O} : 1\text{Na}_2\text{O} : 100\text{SiO}_2 : 200\text{H}_2\text{O} : 200\text{EtOH}$ 。

[0041] 在室温下老化 12 小时后,将浸渍的炭黑放到一个含有足够量水以产生饱和蒸汽的不锈钢高压釜中加热到 180℃,加热 72 小时。将高压釜冷却到室温以后,将产品悬浮在水中,抽滤,再悬浮在水中,然后再过滤。该过程重复四次。

[0042] 然后,产品在 110℃下干燥 10 小时。通过在马弗炉中以 550℃焙烧 8 小时来除去炭黑基体。接着,将焙烧过的沸石用每克焙烧过的沸石 10 克 $2\text{MNH}_4\text{NO}_3$ 溶液进行离子交换。悬浮液在 60℃下加热 2 小时,并一边搅拌,沸石通过过滤从离子交换溶液中分离出来,重复离子交换过程。然后将悬浮液过滤,滤饼用蒸馏水洗涤,在 110℃下干燥 10 小时,然后在马弗炉中以 550℃焙烧 4 小时而得到 H^+ -型沸石。

[0043] 通过原子发射光谱 (AES) 测定,所生成的中孔 H-ZSM-5 催化剂的硅 / 铝 ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) 摩尔比为 110,通过氮吸附测得其 BET 表面积为 $350\text{m}^2/\text{g}$ 、中孔体积为 $0.4\text{cc}/\text{g}$,根据 SEM 测量,估计其平均晶体大小为 1.0 微米。通过氮吸附和程序升温解吸附来测定催化剂的酸度,酸性位的浓度为 $0.119\text{mmol}/\text{g}$ 。实施例 1 和实施例 2 的沸石催化剂,尽管它们的晶体尺寸和中孔体积大不相同,但它们的酸度在实验误差范围内相当近似。

[0044] 实施例 3

[0045] 间 - 二甲苯的异构化

[0046] 将实施例 1 和实施例 2 的 H-ZSM-5 催化剂成粒,压碎,筛分成大小在 150-300 微米范围的颗粒,来用于间 - 二甲苯的异构化反应。

[0047] 在每种情况中,用包含装有 0.17g 催化剂的玻璃衬底的 U 形反应器 (床层高约 25mm) 的催化微反应器单元进行试验。温度在 175℃和 450℃之间变化,压力在 1.0 到 12.7 大气压之间变化。将液态的间二甲苯加到流经反应器的预热 He 载气中,间二甲苯 / 氦气的

摩尔比在低压时为 1/20, 在高压时为 1/5。间二甲苯的 WHSV 分别为 3h^{-1} 和 6h^{-1} 。用气相色谱在线分析产品, 获得如下响应因子 (火焰离子检测): 苯 = 1.12, 甲苯 = 1.07, 二甲苯 = 1.04, 1,2,4-三甲基苯 = 1.02。

[0048] 详细的结果在表 1 中列出。脱离反应器的二甲苯流出物在不同轮次中的组成在表 2 中列出。图 1 显示达到平衡物的转化率。仅报道在 250–450°C 温度范围内的结果。在此温度范围内的二甲苯异构体的平衡混合物由大约 53% 的间-二甲苯、25% 的邻-二甲苯和 22% 的对-二甲苯所组成。

[0049] 表 1

[0050]

实验条件			常规 H-ZSM-5			中孔 H-ZSM-5		
压力 (atm)	T (°C)	WHSV (h^{-1})	间位 Con. %	间位 Eq. %	对位/邻 位比率	间位 Con. %	间位 Eq. %	对位/邻 位比率
2.4-2.5	300	3	21	45	2.5	29	62	1.5
	350	3	39	83	1.6	43	91	1.3
	400	3	47	~100	1.1	47	~100	1.1
5.9-6.8	300	6	10	21	2.5	21	45	1.3
	350	6	39	83	1.4	43	92	1.2
8.9-9.9	275	6	4	8	2.6	8	17	1.5
	300	6	19	81	2.5	31	66	1.4
12.6- 12.8	250	6	4	9	4.6	29	62	1.2
	300	6	31	66	2.5	43	91	1.2

[0051] a. 间位 Con. % : 间-二甲苯的转化率 (%)。

[0052] b. 间位 Eq. % : 相对于间-二甲苯最大转化率所达到的平衡转化。

[0053] c. 对位 / 邻位比率 : 产品中对-二甲苯 / 邻-二甲苯的比率。

[0054] 表 1 中的结果表明, 在所有情况中, 中孔 H-ZSM-5 能使间-二甲苯有更高的转化率, 因此在较低温度下就能达到平衡。特别地, 在 5.9–9.9 大气压力范围内, 中孔 H-ZSM-5 催化剂比常规催化剂活跃大约 20°C。这就意味着中孔 H-ZSM-5 催化剂能在比对比催化剂低 20°C ($T-20^\circ\text{C}$) 温度下却达到与之相同的转化率。在大约 12.7 的大气压力下, 中孔 H-ZSM-5 催化剂活跃大约 60°C。该结果也表明当使用中孔 H-ZSM-5 催化剂 (第 6 和 9 列) 时, 对-二甲苯与邻-二甲苯的摩尔比通常接近它的平衡值, 也就是说近似一致。在高压和低温下, 也就是说当扩散局限性被认为更重要时, 中孔 H-ZSM-5 催化剂的这种改善的性能表现得尤为显著。

[0055] 表 2 列出了不同操作条件下二甲苯流出混合物的组分。

[0056] 表 2

[0057]

实验条件			常规 H-ZSM-5			中孔 H-ZSM-5		
压力 (atm)	T (°C)	WHSV (h ⁻¹)	间位 (%)	邻位 (%)	对位 (%)	间位 (%)	邻位 (%)	对位 (%)
2.4-2.5	300	3	79	6	15	69	12	19
	350	3	61	15	24	57	19	24
	400	3	53	23	24	53	23	24
5.9-6.8	300	6	90	3	7	79	9	12
	350	6	61	16	23	57	20	23
8.9-9.9	275	6	96	1	3	92	3	5
	300	6	81	5	14	69	13	18
12.6-	250	6	96	1	3	71	13	16
12.8	300	6	69	9	22	57	20	23

[0058] 间位(%) : 间 - 二甲苯的百分比

[0059] 邻位(%) : 邻 - 二甲苯的百分比

[0060] 对位(%) : 对二甲苯的百分比

[0061] 表 2 的结果更进一步地表明, 根据所有温度和压力下进行的测试间 - 二甲苯的很小的量可以看出, 中孔 H-ZSM-5 催化剂在将间 - 二甲苯异构化为二甲苯的平衡混合物上具有改善的活性。

[0062] 达到平衡的质量进一步显示在图 1 中, 该图是对 - 二甲苯 / 邻 - 二甲苯比率的平面图, 以 $m\text{-XEq. \%}$ (被转化的间 - 二甲苯的量相对于达到充分平衡时被转化的间 - 二甲苯的最大可能量) 表示达到的平衡函数。

[0063] 在转化率低于约 80% 时, 常规 H-ZSM-5 催化剂具有除平衡转化外远远超过对二甲苯比邻二甲苯约 1 : 1 比率的选择性生成对二甲苯中的优异性能。通过将中孔引入 H-ZSM-5 的大的一次晶体而减少平均中孔长度来降低对二甲苯的选择性并使得异构体的平衡分布朝着平衡组分的方向移动。

[0064] 对于间 - 二甲苯的异构化, 中孔 H-ZSM-5 催化剂相对于常规 H-ZSM-5 催化剂具有改进的性能, 特别是在减少能量消耗的低温下。

[0065] 实施例 4

[0066] 将实施例 1 和实施例 2 的 H-ZSM-5 催化剂造粒, 压碎, 筛分成大小在 150-300 微米范围的颗粒, 用于实施间 - 二甲苯的异构化以及转化原料中的乙苯。

[0067] 在每一种情况中, 用包含装有 0.17g 催化剂的玻璃衬里的 U 形反应器 (床层高约 25mm) 的催化微反应器单元进行试验。在 6 大气压的压力下, 温度在 350°C 和 450°C 之间变化。将含有 15Vol. % 乙苯和 15Vol. % 间 - 二甲苯的液体加到流经反应器的预热 He 载气中, 芳香族化合物 / 氢气的摩尔比为 1/5。芳香族化合物为乙苯和间 - 二甲苯。WHSV 为 6h^{-1} 。

[0068] 通过气相色谱在线分析产品,呈现如下响应因子(火焰离子检测):苯=1.12,甲苯=1.07,二甲苯=1.04,1,2,4-三甲基苯=1.02,乙苯=1.08。

[0069] 使用常规 H-ZSM-5 和中孔 ZSM-5 的详细结果在表 3 中列出,该表显示了在二甲苯异构化操作条件下乙苯的转化率。

[0070] 表 3

温度	常规 H-ZSM-5	中孔 H-ZSM-5
	乙苯转化率 (%)	乙苯转化率 (%)
350	22.4	44.7
400	51.3	68.4
450	80.1	83.8

[0072] 表 3 的结果表明在二甲苯异构化条件下,中孔 H-ZSM-5 有足够能力将乙苯进行转化,因此在分离异构化循环中避免乙苯的积聚。

[0073] 综上所述,本发明提供的部分技术方案如下:

[0074] 1. 一种用于烃类物流中烷基芳香烃的催化异构化方法,其

[0075] 包括在催化异构化条件下,使含烷基芳香烃化合物的烃类物流与由具有晶粒间的、非结晶中孔体系的单独的、一次晶体组成的结晶沸石催化剂相接触,其中沸石晶体的中孔体积大于 0.25ml/g。

[0076] 2. 根据技术方案 1 的方法,其中烃类物流包含 C₈ 芳香族化合物。

[0077] 3. 根据技术方案 2 的方法,其中 C₈ 芳香族化合物是二甲苯异构体的混合物。

[0078] 4. 根据技术方案 3 的方法,其中二甲苯异构体是间-二甲苯。

[0079] 5. 根据技术方案 1 的方法,其中沸石催化剂是 ZSM-5。

[0080] 6. 根据技术方案 1 的方法,其中沸石催化剂的晶体在两个方向上的尺寸最少为 0.5 μm。

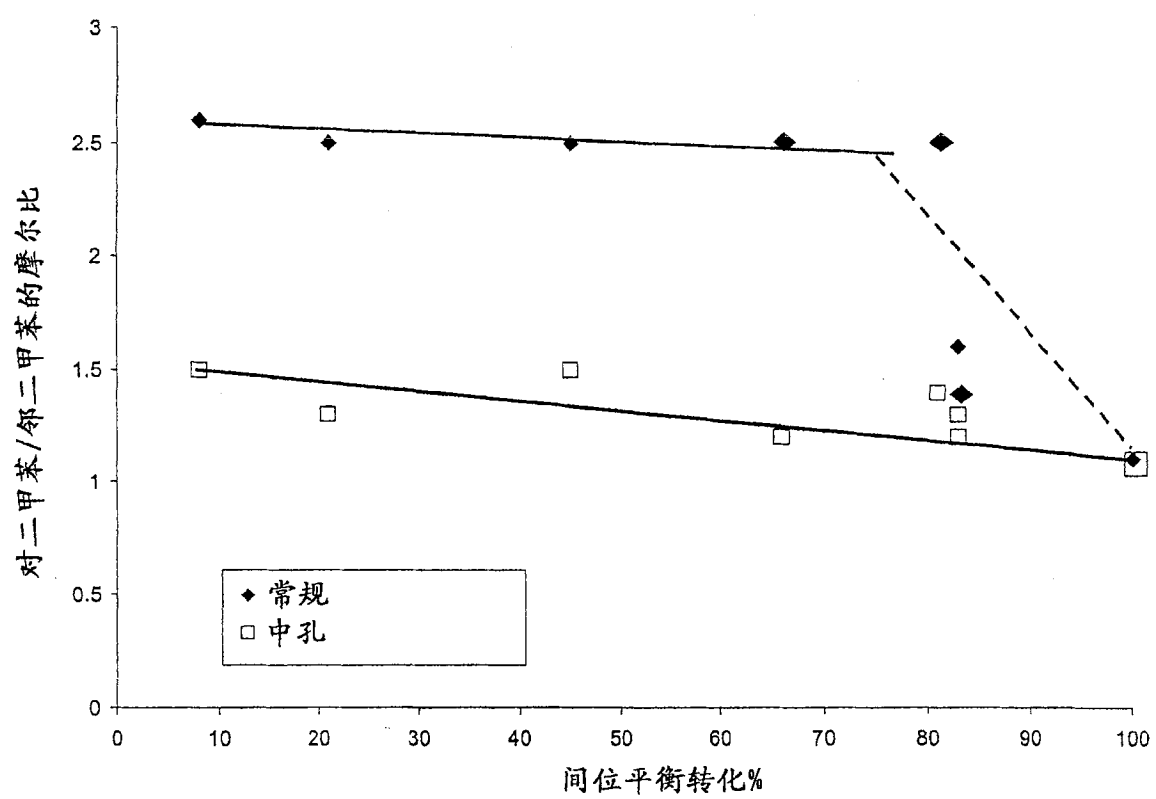


图 1