

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C07C 5/27 (2006.01)

C07C 2/70 (2006.01)

C07C 15/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380102358.5

[45] 授权公告日 2006 年 11 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1286783C

[22] 申请日 2003.10.29

[21] 申请号 200380102358.5

[30] 优先权

[32] 2002.11.1 [33] JP [31] 319608/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/013842 2003.10.29

[87] 国际公布 WO2004/039756 日 2004.5.13

[85] 进入国家阶段日期 2005.4.29

[71] 专利权人 三菱瓦斯化学株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 川合建 稻政颢次

审查员 宋 蕾

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 吴亦华

权利要求书 2 页 说明书 12 页

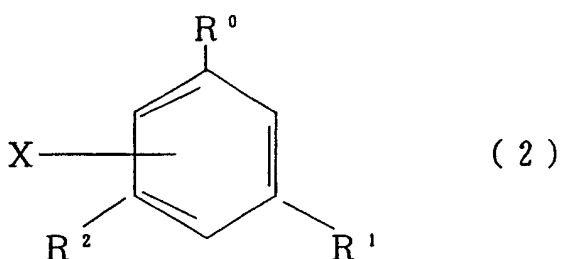
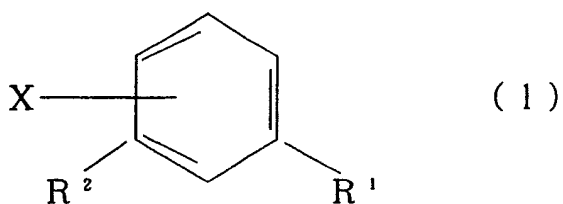
[54] 发明名称

烷基芳族化合物的生产方法

[57] 摘要

提供一种生产在 3 - 和 5 - 位含有取代基的烷基芳族化合物的方法, 该方法为在布朗斯台德酸存在下采用含有 2 - 4 个碳原子的烯烃烷基化在间位含有两个取代基的芳族化合物, 随后加入路易斯酸和在布朗斯台德酸和路易斯酸共同存在下进行异构化, 根据本发明, 可以采用稳定的方式以高收率和高选择性在温和和简单的反应条件下生产 3, 5 - 二甲基乙基苯、3, 5 - 二甲基异丙基苯等。在 3 - 和 5 - 位含有取代基的烷基芳族化合物作用于药物、农业和电子材料的功能化学品的中间体。采用本发明的方法, 可以回收和循环使用催化剂。因此, 可以采用工业有利的方式经济地获得所需的烷基芳族化合物, 同时降低对环境的负荷。

1. 一种生产由通式(2)表示的烷基芳族化合物的方法, 其特征在于, 在布朗斯台德酸存在下采用选自乙烯、丙烯、丁烯和异丁烯的烯烃烷基化由通式(1)表示的芳族化合物, 随后向获得的混合物中加入路易斯酸和在布朗斯台德酸和路易斯酸共同存在下将获得的混合物进行异构化,



其中 R^1 和 R^2 各自独立地表示烷基、全氟烷基、卤素原子、硝基或者烷氧基或芳氧基, 该烷氧基和芳氧基可含有取代基, X 表示氢原子或烷基, 或者 X 可以与相邻基团 R^1 和 R^2 中的一个或两个结合在一起以表示可含有取代基的环状结构, 和 R^0 表示乙基、异丙基、仲丁基或叔丁基。

2. 权利要求 1 的烷基芳族化合物的生产方法, 其中采用 1 或更大的布朗斯台德酸对芳族化合物的摩尔比来进行由通式(1)表示的芳族化合物与所述烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应。

3. 权利要求 1 或 2 的烷基芳族化合物的生产方法, 其中于低于 50 °C 但不低于 -30 °C 的温度进行由通式(1)表示的芳族化合物与所述烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应。

4. 权利要求 1 或 2 的烷基芳族化合物的生产方法, 其中在由通式

(1) 表示的芳族化合物与所述烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应之后, 采用 0.5 或更大的路易斯酸对由通式 (1) 表示的芳族化合物的摩尔比进行在路易斯酸和布朗斯台德酸共同存在下的异构化。

5. 权利要求 1 或 2 的烷基芳族化合物的生产方法, 其中在由通式 (1) 表示的芳族化合物与所述烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应之后, 于低于 50°C 但不低于 -30°C 的温度进行在路易斯酸和布朗斯台德酸共同存在下的异构化。

6. 权利要求 1 或 2 的烷基芳族化合物的生产方法, 其中布朗斯台德酸是 HF 和路易斯酸是 BF_3 。

7. 权利要求 1 或 2 的烷基芳族化合物的生产方法, 其中在通式 (1) 和 (2) 中 R^1 和 R^2 各自是甲基和 X 是氢原子, 采用丙烯进行烷基化, 和在通式 (2) 中 R^0 是异丙基。

烷基芳族化合物的生产方法

技术领域

本发明涉及含有取代基的芳族化合物的烷基化方法，和更具体地涉及通过采用低级烯烃如乙烯或丙烯来烷基化在间位含有两个取代基的芳族化合物而生产在 3-和 5-位含有取代基的烷基芳族化合物，例如 3,5-二甲基乙基苯或 3,5-二甲基异丙基苯的改进方法。这样的烷基芳族化合物用作用于药物、农业化学品、液晶、功能颜料、溶剂和工程塑料用单体的原材料。

背景技术

作为芳族化合物的烷基化方法，弗瑞德-克来福特烷基化反应或使用固体酸催化剂的气相反应是广泛已知的。

在烷基化芳族化合物中，由官能团的效应(取向)决定向其引入烷基的原材料芳族环的位置(邻位、间位或对位)。然而当所需的化合物不是根据官能团固有的取代取向时，作为产物获得所需化合物的位置异构体。因此，必需进行称为异构化反应或烷基转移反应的歧化以向所需的位置引入烷基。

例如，弗瑞德-克来福特烷基化是从过去已知的方法，其中路易斯酸催化剂如氯化铝用作催化剂。采用使用氯化铝作为烷基化剂的方法，在烷基化反应中对单烷基化化合物的选择性低。此外，该方法要求如下的复杂步骤：通过蒸馏从多烷基化产物中分离单烷基化产物，和随后的多烷基化合物到单烷基化合物的烷基转移(JP-A-昭 57-40419)。

JP-A-平 04-346939 公开了一种方法，其中使用氯化铝进行烷基化，随后是使用固体酸催化剂的烷基转移。然而，此方法要求在烷基转移之前通过蒸馏来脱除或分离氯化铝和用作助催化剂的 HCl，因此是复杂的多步骤工艺。

美国专利说明书 No. 5030777 公开了一种生产 3,5-二氯烷基苯的

方法，其中使用氯化铝作为催化剂和使用异丙基溴作为烷基化剂将二氯苯进行烷基化反应，随后进行异构化和烷基转移。此方法的问题是卤代烷基物质必须用作原材料，和工艺步骤复杂。

如上所述，使用氯化铝的弗瑞德-克来福特烷基化反应要求复杂步骤。此外，相对于原材料催化剂的数量大。另外，由于催化剂倾向于与由反应生产的各种化合物形成配合物，因此催化剂易于失活。另外，为在反应终止之后将产物和氯化铝分离，必需用水处理反应混合物。由于处理，氯化铝转变成氢氧化铝。因此，该方法的缺陷是难以循环使用催化剂。

关于使用其他路易斯酸的烷基化反应，美国专利说明书 No. 4943668 公开了使用卤化铝和碘作为催化剂和使用 α -烯烃作为烷基化剂的间二甲苯的烷基化反应。然而，此方法的缺陷是除卤化铝以外应当使用碘和反应时间长至 2-7 小时。美国专利说明书 No. 4048248 公开了使用四氯化钛的芳族化合物的烷基化方法。采用此方法，对所需产物的选择性是 60-70%，这不是令人满意的。

JP-A-平 06-263656 公开了一种方法，其中使用含稀土的催化剂，该催化剂使用含全氟烷基的磺酰基作为抗衡阴离子。由于可以循环使用催化剂，因此该方法比使用卤化铝催化剂的方法优异。然而，此方法的问题是催化剂昂贵，和由于伴随的多烷基化反应而选择性低。即，单取代产物的收率是约 30%，二取代产物的收率是约 10-30%，和三取代产物的收率是约 10%。美国专利说明书 No. 4158677 公开了使用 BF_3 的羧酸配合物来二烷基化烷基苯以用于生产合成油(润滑剂)的实例。尽管反应得到高至约 90%的所需产物的收率，但此方法的问题是要求 20 小时或更长的长反应时间，和反应液体的后处理是麻烦的。

如上所述，任何使用路易斯作为催化剂的常规烷基化反应都具有问题。此外，作为在所有制备方法中的共同问题，反应要求多步骤和复杂的后处理和，因此不适用于工业生产。

在前述内容中描述的是使用由氯化铝代表的路易斯酸作为催化剂的烷基化反应。同样公知的是使用 HF 作为催化剂的烷基化反应，HF

是布朗斯台德酸。此外，公开了使用 HF 作为烷基化催化剂的反应。此方法涉及生产具有改进的辛烷值的汽油的工艺，在该方法中将包含 HF 的 C₂-C₂₀ 烯烃和石蜡通过含有惰性载体固定床的塔。从其目的来看，产物一定是各种化合物的混合物。因此，不认为此方法属于选择性烷基化。例如，在其为主要产物的三烷基戊烷的情况下，重量比例是约 70% 和选择性低 (美国专利说明书 No. 4783567 和 No. 4891466)。

美国专利说明书 No. 2766307、No. 2803682 和 No. 2803683 以及 D. A. McCaulay 和 A. P. Lien, J. Am. Chem. Soc., 77, 1803 (1955) 公开了通过间二甲苯的乙基化或异丙基化来生产烷基二甲苯的方法。在以上专利和文章中公开的方法中，催化剂体系同时使用 HF 和 BF₃。此外，HF 的使用量是每摩尔原材料取代的芳族化合物使用 10-20 摩尔，它比本发明中的数量大得多。因此，引起的问题是，用作催化剂的 HF 和所需产物的分离和纯化效率低。

作为使用其他酸的烷基化方法，可以提及使用氟化磺酸催化剂的固定床烷基化和使用沸石催化剂的反应 (JP-A-平 09-2982)。然而，在使用氟化磺酸催化剂的实例中，原材料芳族化合物的转化率不是令人满意的 (约 30%)。此外，由于产生支化的烷基化产物和多烷基化产物，因此该方法在选择性方面具有的问题。在 JP-A-2000-297049 和 JP-A-2002-20325 中公开的方法使用沸石催化剂。尽管该方法在产物与催化剂的分离容易程度方面是优异的，但是以 10% 或更大的数量副产出多烷基化产物。另外，催化剂昂贵。

发明公开

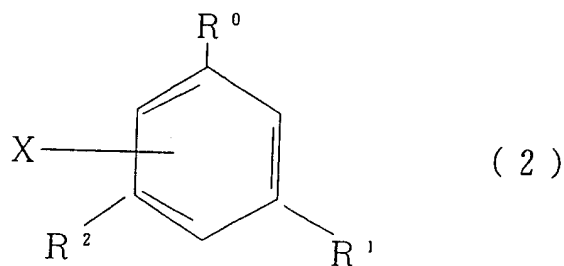
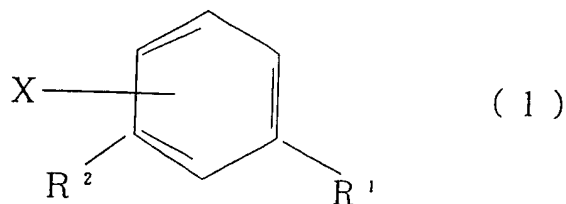
在以上情况下，本发明的目的是提供通过烷基化在间位含有两个取代基的芳族化合物来生产在 3-和 5-位含有取代基的烷基芳族化合物的方法，该方法具有高的所需化合物的收率和选择性，允许催化剂的回收和循环利用和可以工业实施。

本发明人考虑到上述情况进行了认真的研究，并发现可以通过以下方法而采用稳定的方式以高收率和高选择性在温和简单的反应条件下获得在 3-和 5-位含有取代基的所需烷基芳族化合物，即在布朗斯台

德催化剂如 HF 存在下,采用含有 2-4 个碳原子的烯烃烷基化在间位含有两个取代基的芳族化合物,随后加入路易斯酸如 BF_3 和允许进行分子内异构化。通过上发现完成本发明。

因此,本发明提供如下生产烷基芳族化合物的方法。

1. 一种生产由通式 (2) 表示的烷基芳族化合物的方法,其特征在,于在布朗斯台德酸存在下采用含有 2-4 个碳原子的烯烃烷基化由通式 (1) 表示的芳族化合物,随后向获得的混合物中加入路易斯酸和在布朗斯台德酸和路易斯酸共同存在下将获得的混合物进行异构化,



其中 R^1 和 R^2 各自独立地表示烷基、全氟烷基、卤素原子、硝基或者烷氧基或芳氧基,该烷氧基或芳氧基可含有取代基, X 表示氢原子、烷基、芳基、全氟烷基、卤素原子、硝基或者烷氧基或芳氧基,该烷氧基或芳氧基可含有取代基,或者 X 可以与相邻基团 R^1 和 R^2 中的一个或两个结合在一起以表示可含有取代基的环状结构,和 R^0 表示乙基、异丙基、仲丁基或叔丁基。

2. 以上 1 中描述的烷基芳族化合物的生产方法,其中采用 1 或更大的布朗斯台德酸对芳族化合物的摩尔比来进行由通式 (1) 表示的芳族化合物与烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应。

3. 以上 1 或 2 中描述的烷基芳族化合物的生产方法,其中于低于 50°C 但不低于 -30°C 的温度进行由通式 (1) 表示的芳族化合物与烯烃在

布朗斯台德酸存在下的反应。

4. 以上 1-3 中任意一项描述的烷基芳族化合物的生产方法，其中在由通式(1)表示的芳族化合物与烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应之后，采用 0.5 或更大的路易斯酸对由通式(1)表示的芳族化合物的摩尔比进行在路易斯酸和布朗斯台德酸共同存在下的异构化。

5. 以上 1-4 中任意一项描述的烷基芳族化合物的生产方法，其中在由通式(1)表示的芳族化合物与烯烃在布朗斯台德酸存在下的反应之后，于低于 50°C 但不低于 -30°C 的温度进行在路易斯酸和布朗斯台德酸共同存在下的异构化。

6. 以上 1-5 中任意一项描述的烷基芳族化合物的生产方法，其中布朗斯台德酸是 HF 和路易斯酸是 BF_3 。

7. 以上 1-6 中任意一项描述的烷基芳族化合物的生产方法，其中含有 2-4 个碳原子的烯烃选自乙烯、丙烯、丁烯和异丁烯。

8. 以上 1-7 中任意一项描述的烷基芳族化合物的生产方法，其中在通式(1)和(2)中 R^1 和 R^2 各自是甲基和 X 是氢原子，和在通式(2)中 R^0 是异丙基。

实施本发明的最佳方式

以下详细描述本发明。在本发明中，首先在布朗斯台德酸如 HF 存在下，将由以上通式(1)表示的芳族化合物与含有 2-4 个碳原子并用作烷基化剂的烯烃进行反应，以形成烷基化芳族化合物。

作为含有 2-4 个碳原子的烯烃，可以提及乙烯、丙烯、丁烯、异丁烯等。烯烃的使用量优选为每摩尔由通式(1)表示的芳族化合物使用 0.5-1 摩尔。由于基于烯烃的选择性良好，因此 0.5-1 摩尔的烯烃使用量是工业有利的。

由于强酸性、回收和分离容易以及其与路易斯酸的配合物的均一性，用于烷基化反应的布朗斯台德酸优选是 HF。与 HF 形成配合物的路易斯酸阻碍烷基化反应，因此不应当用于烷基化阶段。HF 的数量必须是每摩尔原材料取代的芳族化合物使用至少 1 摩尔，优选 2-5 摩尔。

本发明的烷基化的特征为仅使用布朗斯台德酸进行，和不同于其

中使用路易斯酸如弗瑞德-克来福特催化剂与布朗斯台德酸的组合或者使用路易斯酸自身作为催化剂进行烷基化的常规方法。如先前所述，由于阻止烷基化进行，因此在烷基化阶段中路易斯酸如 BF_3 的共同存在是不希望的。

烷基化温度一般低于 50°C 但不低于 -30°C ，优选不高于 20°C 但不低于 -20°C 。低于 50°C 的烷基化温度可防止多烷基化的进行和增加所需单烷基化产物的选择性。尽管低于 -30°C 的温度不带来问题，但是不需要过度进行冷却。在烷基化过程期间，由于放热，温度偶然会暂时升高。如果通过冷却快速降低温度，超过以上温度范围的暂时温度升高是允许的。

在以上烷基化步骤中，依赖于官能团对芳族环的效应(取向)，烷基化选择性地地在特定的邻位、间位或对位进行。例如，在 HF 催化剂存在下，使用丙烯的间二甲苯烷基化主要得到 2,4-二甲基异丙基苯。

然后，向同一个的反应容器中加入路易斯酸如 BF_3 从而使得发生异构化反应，以便通过分子内烷基转移(异构化)获得由通式(2)表示的化合物。当布朗斯台德酸和路易斯酸与烷基化芳族化合物形成配合物时，发生分子内异构化。主要产物是位置异构体，它作为配合物是更稳定的。换句话说，主要产物是具有增加的碱性的烷基芳族化合物。因此，获得组成不同于热力学平衡组成的最终产物。例如，将在 HF 催化剂存在下由间二甲苯与丙烯的烷基化得到的 2,4-二甲基异丙基苯于 HF 和 BF_3 的共同存在下进行异构化反应，从而得到 3,5-二甲基异丙基苯。当用于异构化反应的催化剂是单独的 HF 或单独的 BF_3 时，或者当 HF 和 BF_3 从初始烷基化阶段的开始就共同存在时，以上反应如导致形成 3,5-二甲基异丙基苯的间二甲苯与丙烯的烷基化很难进行。

BF_3 的数量优选为每摩尔起始芳族化合物使用至少 0.5 摩尔。反应温度可以与烷基化反应的温度相同，通常低于 50°C 但不低于 -30°C ，优选不高于 20°C 但不低于 -20°C 。

用于本发明的催化剂 HF 和 BF_3 可以分离、回收和循环使用，和不会遇到氯化铝通常涉及的废催化剂的处理问题。即，在反应之后，HF

和 BF_3 可以通过与再循环的烃在蒸馏塔中进行热接触而容易地分离和回收，和可以循环到反应系统中。由于本发明中的反应温度较低，因此不会引起设备的腐蚀。此外，由于用于本发明的 HF 和 BF_3 具有高的位置选择性，因此所需产物的分离和纯化不要求通过蒸馏的分离步骤，和比通过使用固体酸或其他路易斯酸而获得的反应产物更容易。因此，本发明的方法是经济上优异的工业方法。

在本发明中，由于布朗斯台德酸用于烷基化反应和路易斯酸用于异构化反应，特别是由于 HF 用作布朗斯台德酸和 BF_3 用作路易斯酸，因此可以采用合适的方式进行每个反应。以上方法相当不同于通过弗瑞德-克来福特反应或其改进方法进行的常规烷基化。

也就是说，本发明的方法的特征为，仅使用布朗斯台德酸进行相应于常规方法中的烷基化的步骤，和通过形成布朗斯台德酸-路易斯酸配合物如 HF-BF_3 以进行相应于异构化反应的步骤。即，延迟加入路易斯酸如 BF_3 的时间点。因此，允许进行使用布朗斯台德酸如 HF 的烷基化和使用布朗斯台德酸-路易斯酸配合物如 HF-BF_3 的异构化，如同这两个反应是单个反应。此外，反应可以以“单釜”方式进行而不在反应中途通过蒸馏来除去催化剂或分离产物。

如以上内容所述，本发明的方法与常规方法相比在反应结果方面优异，和在工艺步骤中具有许多优点，因此明显地不同于常规方法。

以下通过实施例更详细地描述本发明。然而，本发明无论如何不限于这些实施例。

在实施例中，除非另外具体说明，反应结果(收率和选择性)是基于丙烯的数值。

实施例 1

在内部体积为 300mL 并装配有电磁搅拌器、挡板、气体吹入口和液体进料口的 Hastelloy C 高压釜中，加入 20g (0.19 摩尔) 间二甲苯，向其中从液体进料口在压力下缓慢加入 18.8g (0.94 摩尔) 无水 HF。将内容物冷却到 -10°C 。然后，从气体吹入口将 7.9g (0.19 摩尔) 丙烯逐

渐加入到高压釜中。在进料完成之后，开始搅拌并持续 30 分钟。然后停止搅拌，和从气体吹入口将 25.5g (0.38 摩尔) BF_3 逐渐引入高压釜。在 BF_3 进料之前，温度为 -15°C 。在 BF_3 进料完成之后，再次开始搅拌并持续 30 分钟。然后，终止反应。其后，将反应混合物倾入冰水中。使用 80g 甲苯进行萃取，并分离有机层。再次采用 50g 甲苯萃取水相。将两个有机层合并，并用碳酸氢钠水溶液洗涤，然后用净化水洗涤。用气相色谱分析产物。3,5-二甲基异丙基苯的收率是 64%，选择性是 92%。

实施例 2

使用内部体积为 6,000mL 并装配有电磁搅拌器、挡板、气体吹入口和液体进料口的 Hastelloy C 高压釜，采用与实施例 1 相同的方式进行反应。对于反应，使用 2,003g (18.9 摩尔) 间二甲苯、943g (47.1 摩尔) 无水 HF 和 715g (17.0 摩尔) 丙烯。在终止反应之后，将反应混合物以 300mL/小时的流量下与 600g/小时的苯一起送到在其中再循环苯的蒸馏塔(塔内部压力: 0.38MPa, 122°C)中。从塔底部分离和收集 3,5-二甲基异丙基苯的苯溶液，同时从顶部排出 BF_3 和从冷凝器之下的排料口排出 HF。将从塔底部获得的 3,5-二甲基异丙基苯的苯溶液用蒸发器进行冷凝，然后蒸馏(塔内部压力: 0.0133MPa, 塔板数: 12, 回流比: 10)，从而获得 1,925g 所需的 3,5-二甲基异丙基苯(蒸馏温度: 129°C)。纯度是 99.2%，和分离收率是 76%。

实施例 3

采用相同的方式进行实施例 2 的反应。其后，将反应混合物在 300mL/小时的流量下与 600g/小时的苯一起送到在其中再循环苯的蒸馏塔(塔内部压力: 0.49MPa, 136°C)中。从塔底部分离和收集 3,5-二甲基异丙基苯的苯溶液，同时从顶部排出 BF_3 和从冷凝器之下的排料口排出 HF。将从塔底部获得的 3,5-二甲基异丙基苯的苯溶液用蒸发器进行冷凝，然后以实施例 2 中相同的方式进行蒸馏，从而获得 1,911g

所需的 3,5-二甲基异丙基苯。纯度是 99.0%，和分离收率是 76%。

实施例 4

采用相同的方式进行实施例 2 的反应。其后，将反应混合物在 140mL/小时的流量下与 430g/小时的己烷一起送到在其中再循环己烷的蒸馏塔(塔内部压力: 0.38MPa, 110℃)中。从塔底部分离和收集 3,5-二甲基异丙基苯的己烷溶液，同时从顶部排出 BF_3 和从冷凝器之下的排料口排出 HF。将从塔底部获得的 3,5-二甲基异丙基苯的己烷溶液用蒸发器进行冷凝，然后以实施例 2 中相同的方式进行蒸馏，从而获得 1,872g 所需的 3,5-二甲基异丙基苯。纯度是 98.7%，和分离收率是 74%。

实施例 5

采用所述的相同方式重复实施例 1，区别在于丙烯的进料数量是 4.0g (0.09 摩尔)。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 74%，和选择性是 91%。看得出与通过以 1 摩尔/摩尔间二甲苯的数量使用丙烯而获得的收率 (64%) 相比，通过以 0.5 摩尔/摩尔间二甲苯的数量使用丙烯改进了收率。

实施例 6

采用所述的相同方式重复实施例 1，区别在于 HF 的数量是 9.4g (0.47 摩尔) 和 BF_3 的数量是 12.8g (0.19 摩尔)。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 70%，和选择性是 94%。看得出与通过分别以 5 摩尔和 2 摩尔/摩尔间二甲苯的数量使用 HF 和 BF_3 而获得的选择性 (92%) 相比，通过分别以 2.5 摩尔和 1 摩尔/摩尔间二甲苯的数量使用 HF 和 BF_3 改进了选择性。

实施例 7

采用所述的相同方式重复实施例 1，区别在于使用假枯烯代替间二甲苯。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 2,3,5-三甲基

异丙基苯的收率基于假枯烯是 74%，和选择性基于假枯烯是 99%。

对比例 1

采用所述的相同方式重复实施例 1，区别在于在丙烯的进料之前加入 BF_3 。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 9%，和选择性是 99%。看得出当在烷基化反应阶段中加入 BF_3 时，尽管选择性高，但收率相当低。

对比例 2-7

采用所述的相同方式重复对比例 1，区别在于改变 HF 和丙烯的数量(相对于间二甲苯的摩尔比)。3,5-二甲基异丙基苯的收率和选择性见表 1。

可看出，当在烷基化反应阶段中加入 BF_3 时，甚至在当改变 HF 和丙烯的数量时也没有获得包括收率和选择性的良好结果。

表 1

	采用的摩尔比		反应结果	
	HF/间二甲苯	丙烯/间二甲苯	收率 (%)	选择性 (%)
对比例 2	5	0.6	4	58
对比例 3	6	4	45	68
对比例 4	10	4	46	76
对比例 5	5	11	0	0
对比例 6	5	4	19	47
对比例 7	20	4	48	50

对比例 8

采用所述的相同方式重复实施例 1，区别在于根本不加入 BF_3 。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 7%和选择性是 13%，2,4-二甲基异丙基苯的收率是 27%。看得出当不加入 BF_3 时，不发生异构化。

对比例 9

采用所述的相同方式重复对比例 8，区别在于分别以 60g (3.0 摩尔) 和 32g (0.75 摩尔) 的数量使用 HF 和丙烯。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 0.2% 和选择性是 0.2%，2,4-二甲基异丙基苯的收率是 0.5%，二异丙基间二甲苯的收率是 70%。看得出当增加 HF 和丙烯的数量而不使用 BF_3 时，二取代产物的收率显著增加和很难获得所需的产物。

对比例 10

采用所述的相同方式重复对比例 1，区别在于在完全加入 HF、 BF_3 和丙烯之后，让反应进行 6 小时。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 1.1%，和选择性是 27%。2,4-二甲基异丙基苯的收率是 0%，二异丙基间二甲苯的收率是 0.1%。从甚至当增加反应时间也几乎没有获得烷基化产物的事实中可以看出，在 BF_3 存在下不进行烷基化反应，但反而形成稳定的间二甲苯/HF/ BF_3 配合物。

对比例 11

采用所述的相同方式重复实施例 1，区别在于根本不加入 HF，并将 BF_3 的数量变化为 19.2g (0.28 摩尔)，以及由于不加入 HF 而将反应时间改变为 30 分钟。用气相色谱分析获得的产物，从而表明所需的 3,5-二甲基异丙基苯的收率是 0.9%，和选择性是 2.4%。看得出当不加入 HF 时，烷基化反应不进行。

工业实用性

根据本发明的方法，于在 3-和 5-位含有取代基并通常在引入到芳族核中方面具有困难的烷基芳族化合物的生产中，可以以高收率和高选择性在温和和简单的反应条件下从原材料芳族化合物生产所需的烷基芳族化合物。

由本发明的方法生产的烷基芳族化合物用作用于药物、农业和电子材料的功能化学品的中间体。

采用本发明的方法，可以回收和循环使用催化剂。因此，可以采用工业有利的方式经济地获得所需的烷基芳族化合物，同时降低对环境的负荷。