

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00816067.8

C10G 11/05

B01J 37/00

B01J 37/28

B01J 29/06

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1205307C

[22] 申请日 2000.11.17 [21] 申请号 00816067.8

[30] 优先权

[32] 1999.11.22 [33] US [31] 60/166,896

[32] 2000. 1. 12 [33] EP [31] 00200092.5

[86] 国际申请 PCT/EP2000/011533 2000.11.17

[87] 国际公布 WO2001/038460 英 2001.5.31

[85] 进入国家阶段日期 2002.5.22

[71] 专利权人 阿克佐诺贝尔股份有限公司

地址 荷兰阿纳姆

[72] 发明人 E·T·C·奥格特

A·R·奎诺尼斯 P·奥康纳

审查员 代玲莉

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 刘金辉 林柏楠

权利要求书 2 页 说明书 8 页

[54] 发明名称 用于生产轻烯烃的高效催化剂组合物

[57] 摘要

本发明涉及用于 FCC 的催化剂组合物，该组合物在生产轻烯烃中有很高的效率，同时保持塔底物转化率。所述催化剂组合物如下制备：a) 用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 10 重量%的含磷化合物使烯烃选择性沸石场外活化；b) 使所述活化的烯烃选择性沸石与 10-40 重量%催化裂化组分、粘合剂和 0-25 重量%二氧化硅在浆液中混合，使最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的总量为至少 10 重量%，和 c) 将所述浆液喷雾干燥形成催化剂颗粒。

ISSN 1008-4274

1. 一种催化剂组合物的制备方法，包括以下步骤：

a) 用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 10 重量%的含磷化合物使烯烃选择性沸石场外活化，该场外活化包括使含磷化合物与烯烃选择性沸石接触，然后进行干燥和在 300-1000℃ 的温度下焙烧 15 分钟至 24 小时，

b) 以最终制得的催化剂组合物的总重计，将 0.1-85 重量%的由 a) 步骤制得的活化的烯烃选择性沸石，10-40 重量%的选自 X 型沸石、Y 型沸石和非晶形二氧化硅-氧化铝的催化裂化组分，粘合剂和 0-25 重量%二氧化硅呈浆液形式混合，并使得最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的总量为至少 10 重量%，和

(c) 将所述浆液喷雾干燥形成催化剂颗粒。

2. 权利要求 1 的催化剂组合物的制备方法，其中所述烯烃选择性沸石为 MFI 型沸石。

3. 权利要求 1 的方法，其中所述催化裂化组分为 Y 型沸石。

4. 权利要求 1 的方法，其中用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 12 重量%的含磷化合物活化所述烯烃选择性沸石。

5. 权利要求 1 的方法，其中所述场外活化包括：

a) 使所述烯烃选择性沸石与含磷化合物溶液或液体形式的含磷化合物接触，

b) 使来自步骤 a) 的烯烃选择性沸石干燥，和

c) 在 300-1000℃ 的温度下焙烧来自步骤 b) 的烯烃选择性沸石。

6. 权利要求 5 的方法，其中将所述烯烃选择性沸石和含磷化合物混合物的 pH 调至 4.5 或更高。

7. 通过权利要求 1 方法得到的催化剂组合物。

8. 一种催化剂组合物，包括：

a) 10 至 40 重量%的催化裂化组分，该组分是晶形或非晶形的，所述晶形催化裂化组分是 Y 型沸石和/或 X 型沸石，并且所述非晶形催化裂化组分为非晶形二氧化硅-氧化铝，

b) 0.1 至 85 重量%的用磷场外活化过的烯烃选择性沸石，该场外活化包括使所述烯烃选择性沸石与基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 10 重量%的含磷化合物接触，然后进行干燥和在 300-1000℃ 的温度下焙烧 15 分钟至 24 小时，所述烯烃选择性沸石是选自 MFI 型沸石、MEL 型沸石、MTW 型沸石、MWW 型沸石和 BEA 型沸石中的一种或多种，

c) 粘合剂，

d) 0-25 重量%的二氧化硅，

其中最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的总量为至少 10 重量%。

9. 权利要求 8 的催化剂组合物，其中所述磷活化过的烯烃选择性沸石是磷活化过的 MFI 型沸石。

10. 权利要求 8 的催化剂组合物，其中所述催化裂化组分为 Y 型沸石。

11. 权利要求 8 的催化剂组合物，其中所述烯烃选择性沸石用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 12 重量%的含磷化合物活化过。

12. 一种烃原料的催化裂化方法，其中使用权利要求 7 或 8 的催化剂组合物。

用于生产轻烯烃的高效催化剂组合物

本发明涉及用于 FCC 的催化剂组合物，该组合物在生产 C_3 和 C_5 烯烃即轻烯烃中有很高的效率。在 FCC 实践中，有两种方法提高轻烯烃的选择性。

一种方法是提高反应温度。这将增加热裂化的影响，导致较轻产物的生成量增加。例如，在所谓 DCC（深度催化裂化）过程（一种典型的 FCC 过程）中，使用较高的温度和增量的蒸汽。然而，热裂化的选择性不高，在“湿气”（含 H_2 和 C_1 - C_4 产物）中产生大量价值较低的产物如氢气、甲烷、乙烷和乙烯。湿气压缩通常限制精炼操作。

第二种方法是添加一种含沸石的烯烃-选择性添加剂如含 ZSM-5 的添加剂。传统的添加剂通常含有磷活化的 ZSM-5，它选择性地使初级裂化产物（例如汽油烯烃）转化成 C_3 和 C_4 烯烃。用磷改善活性和选择性以提高 ZSM-5 的效率是已知的。例如，EP-A-511 013 描述用磷处理 ZSM-5 提高丙烯选择性。US 5 472 594 描述了用含 Y 型沸石的催化剂组合物和包括含磷中孔沸石如 ZSM-5 的添加剂使烃进料转化成含产率改进的 C_4 / C_5 烯烃的产品的方法。Mobil 的 W098/41595 描述了用含大孔分子筛如 Y-型沸石的催化剂组合物和与所述含 Y 型沸石的基本催化剂共混的包括含磷 ZSM-5 的添加剂使烃原料催化裂化以得到产率提高的 C_3 至 C_5 烯烃的方法。US 5 456 821 中也描述了这种方法。W094/13754 描述了同样的方法，使用含大孔分子筛的催化剂组合物和含特殊 ZSM-5 的添加剂，所述 ZSM-5 可选地包含 1.5 至 5.5 重量%元素磷。US 5 521 133 描述通过在喷雾干燥之前用磷酸喷射 ZSM-5 和高岭土浆液制备 ZSM-5 添加剂。

然而，添加剂冲淡催化剂的总量，使塔底物（bottoms）的转化率下降。过去曾试图将磷活化的 ZSM-5 作为组分掺入 FCC 催化剂组合物中。US 5 110 776 中用磷处理改善催化剂组合物的耐磨性。其中，用含磷水溶液处理 Y 型沸石，使所述处理后的沸石直接与基体前体混合形成浆液。将所述浆液喷雾干燥。所用基体前体包含高达 3.4 重量%氧化铝、约 25 重量%粘土和约

45 重量%二氧化硅。虽然提及可使用 ZSM-5, 但所有实施例均使用 Y 型沸石。上述 US 5 472 594 提及使磷活化的 ZSM-5 与基体和 Y 型沸石混合, 然后喷雾干燥形成 FCC 催化剂, 但未指出如何进行, 也未给出所用基体的类型。实施例中只描述了与基本催化剂机械混合的 ZSM-5 添加剂。Mobil 的 US 5 126 298 和 US 5 231 064 描述通过以下方法制备催化剂组合物: 提供沸石浆液和两类粘土浆液, 用磷源处理这些浆液中的至少一种, 使所述浆液混合, 在低于 3 的 pH 下喷雾干燥。其中所述催化剂基体不含任何外加的二氧化硅和/或氧化铝。如后面所解释的, 磷活化的烯烃选择性沸石如 ZSM-5 只有在采取特殊措施时才能以组分形式掺入催化剂组合物中。

也适用于塔底物裂化的传统 FCC 催化剂组合物包含催化裂化组分和非晶形氧化铝。催化裂化组分为晶形如 Y 型沸石和 X 型沸石, 或非晶形如二氧化硅-氧化铝。非晶形氧化铝是提供塔底物转化率所必需的。非晶形氧化铝也可用作粘合剂使基体有足够的粘合作用而适当地粘合所存在的晶形裂化组分。因此, 所述非晶形氧化铝可存在于基体中, 即, 使用活性基体, 或也可以二氧化硅-氧化铝形式存在于非晶形裂化组分中。换言之, 有良好塔底物转化率的催化剂组合物包含至少 10 重量%非晶形氧化铝。术语非晶形氧化铝意指含塔底物裂化活性的氧化铝。这意味着可存在一些结晶度。已发现将用于活化所述烯烃选择性沸石的磷化合物加入催化剂料液 (strike) 即含基体组分和催化裂化组分的喷雾干燥浆料时, 它干扰存在于所述料液中的非晶形氧化铝。因此, 目前尚未出售使烯烃选择性沸石与基体或非晶形裂化组分中的大量氧化铝有效结合的催化剂组合物。本发明的目的是提供一种对轻烯烃选择性高并同时保持塔底物转化率的催化剂组合物。

为此, 在将烯烃选择性沸石加入传统 FCC 催化剂制剂之前使之场外活化。通过用磷源处理, 然后干燥和焙烧, 实现烯烃选择性沸石的场外活化。然后将所述活化的烯烃选择性沸石加入催化剂基体中。发现烯烃选择性沸石的场外活化使所述磷酸盐固定, 足以避免在其加入后对所述催化剂基体或催化裂化组分产生影响。这可使所述烯烃选择性沸石发挥其对初级产物的选择裂化, 而不使总量稀释。这样, 炼油厂可降低升气管顶部温度, 产生更少的“湿气”, 也可降低 Y 型沸石对 C₃-和 C₄-选择性的影响。同时,

保持塔底物转化率，因为可定制所述配方的基体活性。必须注意，Sinopec 的 EP-A1-0 909 582 描述了场外磷活化。其中通过以下方法制备用于生产轻烯烃的催化剂组合物：使基体组分混合，加入 Y 型沸石与含 2-8 重量%（基于沸石重量）磷（按 P_2O_5 计）和 0.3-3 重量%铝或镁或钙的有五硅（pentasil）结构的高硅沸石如 ZSM-5 的混合物。加入基体组分之前，所述沸石混合物用磷/铝或磷/镁或钙化合物的水溶液处理、干燥和焙烧。这里磷的用量不足以获得高的轻烯烃产率。NL-9301333 描述用磷酸铝溶胶使 ZRP 沸石场外活化。将所述活化的 ZRP 沸石掺入含 Y 型沸石、粘土和有机氧化物的催化剂组合物中。

本发明涉及一种催化剂组合物的制备方法，包括以下步骤：

a) 用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 10 重量%的含磷化合物使烯烃选择性沸石场外活化，

b) 使所述活化的烯烃选择性沸石与 10-40 重量%催化裂化组分、粘合剂和 0-25 重量%二氧化硅在浆液中混合，使最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的总量为至少 10 重量%，和

c) 将所述浆液喷雾干燥形成催化剂颗粒。

如前面所述，所述场外活化包括使烯烃选择性沸石与溶液或液体形式的含磷化合物接触。可使用适合的含磷化合物，即具有能与氢离子反应的共价或离子成分的任何含磷化合物，例如磷酸及其盐如磷酸二氢铵和磷酸氢二铵、连二磷酸铵、正磷酸铵、正磷酸二氢铵、正磷酸氢铵、磷酸三铵、磷、和亚磷酸盐。适用的含磷化合物包括以下基团的衍生物： PX_3 、 RPX_2 、 R_2PX 、 R_1P 、 $R_3P=O$ 、 RPO_2 、 $RPO(OX)_2$ 、 $PO(OX)_3$ 、 $R_2P(O)OX$ 、 $RP(OX)_2$ 、 $ROP(OX)_2$ 和 $(RO)_2POP(OR)_2$ ，其中 R 为烷基或苯基，X 为氢、R 或卤离子。这些化合物包括伯磷 RPH_2 、仲磷 R_2PH 和叔磷 R_3P 如丁基磷；叔氧化磷 R_3PO ，如三丁基磷；一代磷酸 $RP(O)(OX)_2$ 和二代磷酸 $R_2P(O)OX$ 如苯磷酸；磷酸酯如磷酸二乙酯 $(RO)_2P(O)H$ 和次磷酸二烷基酯 $(RO)P(O)R_2$ ；三价磷酸 R_2POX 如二乙基磷酸、一代亚磷酸酯 $(RO)P(OX)_2$ 、二代亚磷酸酯 $(RO)_2POX$ 、三代亚磷酸酯 $(RO)_3P$ ；及其酯如一丙酯、烷基二烷基次磷酸酯（phosphinites） $(RO)P_2$ 和二烷基磷酸酯 $(RO)_2PR$ 。亚磷酸酯的例子包括亚磷酸三甲酯、亚磷酸三乙

酯、亚磷酸三异丙酯、亚磷酸丁酯；和焦亚磷酸酯如焦亚磷酸四甲酯。上述化合物中的烷基含 1 至 4 个碳原子。其它适合的含磷化合物包括卤化磷如三氯化磷、三溴化磷、三碘化磷、二氯代亚磷酸烷基酯 $(RO)PCl_2$ 、氯代亚磷酸二烷基酯 $(RO)_2PCl$ 、氯代磷酸烷基酯 $(RO)(R)P(O)Cl$ 、和氯代次磷酸二烷基酯 $R_2P(O)Cl$ 。

烯烃选择性沸石与含磷化合物的反应通过接触实现。当含磷化合物为液体时，可使用所述化合物本身或其在溶剂中的溶液。如果使用固体化合物，则必须使之溶解以确保与烯烃选择性沸石接触。

优选使用不在烯烃选择性沸石上留下不想要的金属的含磷化合物。因此不建议添加钠、铝、钙和镁盐。如果使用不包含不希望留在烯烃选择性沸石上的金属离子的含磷化合物，如磷酸二氢铵和磷酸氢二铵、连二磷酸铵、正磷酸铵、正磷酸二氢铵、正磷酸氢铵、磷酸三铵、有机磷酸酯、磷，和亚磷酸盐，则在干燥步骤之前不必过滤所述含磷酸盐的化合物/烯烃选择性沸石混合物。

烯烃选择性沸石定义为二氧化硅/氧化铝之比高于 10、优选高于 15、和高达 12 环的沸石。适用的烯烃选择性沸石的例子是 MFI-型沸石，MEL-型沸石如 ZSM-11、ZSM-12，MTW-型沸石如 ZSM-12，MWW-型沸石如 MCM-22、MCM-36、MCM-49、MCM-56，和 BEA-型沸石如 β -沸石。优选 MFI-型沸石。

MFI-型沸石如 ATLAS OF ZEOLITE STRUCTURE TYPES, W. M. Meier 和 D. H. Olson, 第三修订版 (1992), Butterworth-Heinemann 中所定义, 包括 ZSM-5、ST-5、ZSM-8、ZSM-11、硅质岩 (silicalite)、LZ-105、LZ-222、LZ-223、LZ-241、LZ-269、LZ-242、AMS-1B、AZ-1、BOR-C、Boralite、Encilite、FZ-1、NU-4、NU-5、T5-1、TSZ、TSZ-III、TZ01、TZ、USC-4、USI-108、ZBH、ZB-11、ZBM-30、ZKQ-1B、ZMQ-TB。应注意 NL9301333 中所述 ZRP 沸石在本文中不认为是 MFI-型沸石。

用含磷化合物处理之后，使处理后的烯烃选择性沸石干燥，随后在 300-1000°C、优选 450-700°C 的温度下焙烧约 15 分钟至 24 小时。

发现所述烯烃选择性沸石应该用基于烯烃选择性沸石之总量按 P_2O_5 计至少 10 重量%的含磷化合物处理以确保适当的轻烯烃选择性，但优选使用

基于烯烃选择性沸石之总量按 P_2O_5 计至少 12 重量%的含磷化合物。

一般地, 优选在干燥之前将烯烃选择性沸石/含磷化合物混合物的 pH 调节至 4.5 或更高(例如用氨)以避免任何不希望的沸石或活性基体的酸侵蚀。

场外活化后, 使活化的烯烃选择性沸石与催化裂化组分、粘合剂和二氧化硅组合。催化裂化组分为晶形如 Y 型沸石和 X 型沸石, 或非晶形如二氧化硅-氧化铝。适用的 Y 型沸石和 X 型沸石是 FCC 催化剂组合物中常用的所有 Y 型沸石和 X 型沸石, 可以是氢型、铵型、或离子交换形式例如一或多种稀土金属。例子是脱铝的 Y 型沸石、富含二氧化硅的脱铝 Y 型沸石、和超稳定 Y 型沸石(USY)。所述 Y 型沸石和 X 型沸石也可用含磷化合物处理。也可使用催化裂化组分的混合物。

如前面所述, 最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的量应为至少 10 重量%以确保足够的塔底物裂化活性。所述催化裂化组分中存在二氧化硅-氧化铝时, 其中存在的氧化铝提供塔底物裂化。在此情况下, 可使用任何粘合剂, 只要最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的总量为至少 10 重量%。适用的粘合剂是氧化铝粘合剂、氧化铝-二氧化硅粘合剂或二氧化硅粘合剂。所述粘合剂都是常用于 FCC 催化剂组合物中的氧化铝、二氧化硅和二氧化硅-氧化铝。所述氧化铝粘合剂可以是(假)勃姆石或氧化铝溶胶。通常在与催化剂组合物其它组分混合之前或期间使氧化铝粘合剂胶溶。此外, 所述料液中可存在二氧化硅和/或结晶氧化铝, 可选地使用填料如粘土(例如高岭土)。通常, 在最终催化剂组合物中存在最高 20 重量%的粘合剂, 优选氧化铝粘合剂, 但也可使用更高量。

各种催化剂组分可以任何顺序结合, 但优选所述磷处理过的烯烃选择性沸石最后加入料液中以避免所述磷干扰非晶形氧化铝。还优选与 Y 型沸石分开地加入所述磷处理过的烯烃选择性沸石以避免干扰所述催化裂化组分。

优选 Y 型沸石作为催化裂化组分, 因为这提供极适用的催化剂组合物。

由于上述方法所得催化剂组合物表现出比已知催化剂组合物改进的性能, 因此, 本发明还涉及通过本发明方法得到的催化剂组合物。为此, 本

发明涉及一种催化剂组合物，包括：

- a) 10 至 40 重量%催化裂化组分，
- b) 0.1 至 85 重量%用磷场外处理过的烯烃选择性沸石，其中所述烯烃选择性沸石用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 10 重量%的含磷化合物处理过，
- c) 粘合剂，
- d) 0-25 重量%二氧化硅，

其中最终催化剂组合物中非晶形氧化铝的总量为至少 10 重量%。

本发明还涉及一种催化剂组合物，其中所述烯烃选择性沸石用基于烯烃选择性沸石总量的按 P_2O_5 计至少 12 重量%的含磷化合物处理过。

所述催化剂组合物可适用于烃原料的催化裂化，在轻烯烃的生产中有很高的效率，同时保持塔底物转化率。所述催化剂组合物也可用于所谓 DCC 法，即使在使用比 DCC 法中常用温度更低的温度时也是如此。

下面通过实施例进一步说明本发明，这些实施例决不应解释为限制性的。

实施例

实施例 1: ZSM-5 的场外活化

将 SAR 为 25 的 ZSM-5 制成淤浆得到 30%浆液。加入 H_3PO_4 ，使 ZSM-5 上分别含 2、6、8、10、15 和 20 重量% P_2O_5 。用氨调节 pH 高于 4.5。使混合物在 120℃干燥过夜，在 600℃焙烧 1 小时。将 5 重量%场外活化的 ZSM-5 作为最后一组分加入含 13.5 重量%REY 沸石、18 重量%胶溶假勃姆石和 5 重量%二氧化硅的料液中。使所述料液喷雾干燥。将所述催化剂组合物在 788℃下汽蒸 20 小时。所述催化剂组合物的物性示于表 1 中。

实施例 2: 在不同温度下焙烧

用 H_3PO_4 重复实施例 1，使 ZSM-5 上分别含 2 和 6 重量% P_2O_5 。焙烧温度为 400℃，其它条件与实施例 1 中相同。所得催化剂组合物的物性与在 600℃焙烧所得催化剂组合物的物性近似相同。

对比例 3: 添加剂与基本催化剂

为了对比，制备含 15 重量%REY、20 重量%胶溶假勃姆石和 5 重量%二氧化硅的基本催化剂，使之与 10 重量%的含 25 重量%ZSM-5 的商购 ZSM-5

添加剂 [ZCAT HP®, 来自 Intercat] 共混。这是商购添加剂的常用方法。将所述催化剂共混物在 788°C 汽蒸 20 小时。此对比催化剂共混物的物性作为例 3* 示于表 1 中。

表 1 催化剂组合物的物性

	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5	试样 6	例 3*
加入的 P ₂ O ₅ 重量%	2	6	8	10	15	20	
Al ₂ O ₃	46.61	46.55	46.34	46.11	44.59	46.31	34.16
SiO ₂	48.31	48.05	48.54	48.51	49.57	48.22	59.78
Na ₂ O	0.16	0.15	0.15	0.23	0.93	0.16	0.16
RE ₂ O ₃	2.15	2.18	2.21	2.22	1.96	2.21	2.22
P ₂ O ₅ (测量的)	0.14	0.29	0.39	0.45	0.76	0.71	1.29
PSD	69.67	65.75	-	83.04	73.55	60.25	66.63
PV	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.38	0.51
SA _{bet}	198	190	197	191	189	188	194
SA _{bet} (汽蒸)	114	117	120	123	117	119	114

实施例 4: 丙烯产率

用 Kuwait 真空瓦斯油作原料测试各种催化剂组合物。在催化剂/油之比为 4 时的性能示于表 2 中。代替恒定的转化率, 在催化剂/油之比恒定时的报告结果是可接受的, 因为活性差最小, 从而不会由此改变总的评定结果。

表 2 催化剂组合物的性能

	丙烯产率	丁烯产率	LPG 产率
试样 1 (2%P ₂ O ₅)	7.86	8.02	23.74
试样 2 (6%P ₂ O ₅)	8.81	8.51	25.35
试样 3 (8%P ₂ O ₅)	8.78	8.40	24.89
试样 4 (10%P ₂ O ₅)	8.82	8.48	24.97
试样 5 (15%P ₂ O ₅)	9.47	8.50	25.98
试样 6 (20%P ₂ O ₅)	9.76	8.73	26.66
例 3*	9.10	8.57	25.66

这些结果表明使用催化剂组合中掺有场外活化的烯烃选择性沸石的催化剂组合，可获得与使用商购添加剂所得相当的丙烯产率，只要用至少 10 重量%含磷化合物场外处理烯烃选择性沸石即可。虽然使用 ZSM-5 添加剂可获得良好的丙烯产率，但因稀释作用使塔底物裂化降低。

实施例 5: 含场外活化的 ZSM-5 的催化剂组合

采用实施例 1 中所述方法用 15 重量%场外活化的 ZSM-5 制备另一催化剂组合，形成含 20 重量%Y 型沸石、25 重量%胶溶假勃姆石和 12 重量%二氧化硅的催化剂组合。将所述催化剂组合在 788℃下汽蒸 20 小时。

对比例 6: 基本催化剂

为了对比，除所述活化的 ZSM-5 之外用与实施例 5 相同的配方制备基本催化剂。将所述基本催化剂在 788℃下汽蒸 20 小时。

实施例 7: 基本催化剂和含 ZSM 的催化剂组合物的丙烯产率和塔底物转化率

用相同的原料测试实施例 5 的催化剂组合和对比例 6 的基本催化剂。在催化剂/油之比为 5 时的性能示于表 3 中。

表 3 催化剂组合与基本催化剂的性能

	实施例 5 的催化剂组合	对比例 6 的基本催化剂
转化率, 重量%	73.13	71.07
丙烯产率, 重量%	6.21	4.61
塔底物产率, 重量%	11.75	14.59

这些结果表明掺有场外活化的烯烃选择性沸石的催化剂组合提供比用基本催化剂所得活性更高的活性，提供更高的丙烯产率，留下较少的塔底物，即塔底物裂化较高。