

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2013 年 10 月 3 日 (03.10.2013)



(10) 国际公布号
WO 2013/143243 A1

- (51) 国际专利分类号:
B01J 8/10 (2006.01) C10G 2/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/079015
- (22) 国际申请日: 2012 年 7 月 23 日 (23.07.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210081986.0 2012 年 3 月 26 日 (26.03.2012) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 北京化工大学 (BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北三环东路 15 号, Beijing 100029 (CN)。北京中超海奇科技有限公司 (BEIJING SINO-HIGEE SCIENCE&TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北三环东路 15 号, Beijing 100029 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 陈建峰 (CHEN, Jian-feng) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北三环东路 15 号北京化工大学 176 信箱, Beijing 100029 (CN)。张懿 (ZHANG, Yi) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北三环东

路 15 号北京化工大学 176 信箱, Beijing 100029 (CN)。初广文 (CHU, Guangwen) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北三环东路 15 号北京化工大学 176 信箱, Beijing 100029 (CN)。邹海魁 (ZOU, Haikui) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北三环东路 15 号北京化工大学 176 信箱, Beijing 100029 (CN)。

(74) 代理人: 北京思海天达知识产权代理有限公司 (BEIJING SIHAI TIANDA INTELLECTCTUAL PORPERTY); 中国北京市朝阳区平乐园 100 号知新园 429 室, Beijing 100124 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA,

[见续页]

(54) Title: HYPERGRAVITY ROTATING PACKED BED CATALYTIC REACTOR AND APPLICATION THEREOF FOR MODULATING DISTRIBUTION OF FISCHER-TROPSCH PROCESS SYNTHETIC PRODUCT

(54) 发明名称: 一种调变费托合成产物分布的超重力旋转填充床催化反应器及应用

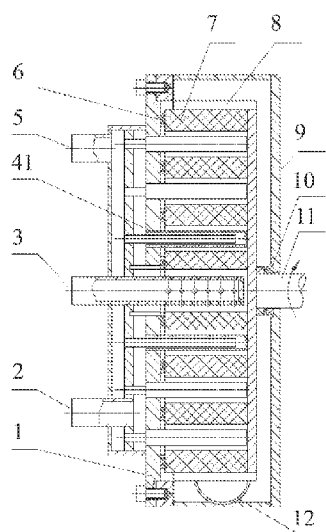


图 1/ Fig.1

(57) Abstract: A hypergravity rotating packed bed catalytic reactor and an application thereof for modulating the distribution of a Fischer-Tropsch process synthetic product. The reactor comprises a sealed reactor housing (9), a rotor having fixed thereto catalyst bed layers (7), a rotary shaft (11), an end cap (1), a reactant inlet (3), and a product outlet (12). Arranged within the rotor are multiple layers of the concentric ring catalyst bed layers (7). Interlayer heat exchange sections are distributed between every two layers. The interlayer heat exchange sections are concentric rings consisting of multiple casing pipes or thermal pipes surrounding the center of the rotor. Arranged on the end cap are a heat transfer medium inlet (2) and outlet (5). Arranged on the rim of the rotor is a blade (8). The reactor is applicable in modulating the distribution of the Fischer-Tropsch process synthetic product.

(57) 摘要: 一种调变费托合成产物分布的超重力旋转填充床催化反应器及应用, 反应器包括密闭的反应器壳体 (9)、固定有催化剂床层 (7) 的转子、转轴 (11)、端盖 (1)、反应物的进口 (3)、产物的出口 (12), 转子中布置有多层同心环式催化剂床层 (7), 每两层间分布有层间换热段, 层间换热段为相间隔的多个套管或热管围绕转子中心组成的同心圆

环, 端盖上设有换热介质进口 (2) 和出口 (5), 转子外缘设有叶片 (8)。该反应器可用于调变费托合成产物分布。



RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种调变费托合成产物分布的超重力旋转填充床催化反应器及应用技术领域

本发明涉及一种调变费托合成产物分布的反应器，具体的说，涉及一种具有由同心环式催化剂层组成多层转子和换热段的旋转填充床催化反应器，属于超重力反应器技术领域。

技术背景

以天然气、沥青、煤、生物质等各种含碳氢的原料生产出合成气（CO，CO₂和H₂的混合气体），再以合成气为原料通过费托合成生产液态烃类，是一条很好的石油替代技术。费托合成（Fischer - Tropsch process），又称F-T合成，是以合成气为原料在催化剂和适当条件下合成以石蜡烃为主的液体燃料工艺过程。费托合成反应已有 80 余年历史，现在拥有较大规模费托合成生产能力的有Sasol，PetroSA，Shell和Oryx公司等。近年来，随着石油资源的逐渐耗竭以及世界范围内对新能源和资源需求的不断攀升，通过费托合成反应制备液体燃料或高附加值化学品的途径已经获得广泛认可。

已报道的费托合成反应器有多种形式，包括固定床、流化床和浆态床等。采用固定床反应器进行费托反应在半个世纪之前就已经实现了工业化，但反应热的移除和催化剂的失活问题尤为突出。由于费托合成反应是强放热反应，如果反应热没有及时移走，催化剂就容易出现局部热点，导致催化剂的失活和长链烷烃产品的选择性降低，严重情况下可出现反应器的瞬间飞温现象，装置不得不停车检修。采用浆态床反应器是解决费托合成反应移热问题的有效手段之一，尤其是对大型的装置来说更是如此，但是浆态床反应器的使用也带来新的问题。在浆态床反应器中，细小的催化剂颗粒与液体烃类产品混合在一起，它们的有效分离难度实际上并不亚于其他面临的技术难题，这是该类反应器面临的最主要问题。另外，人们对浆态床中的三相流体力学行为所知甚少，这也给浆态床反应器的放大带来一定的困难。

于 1976 年发展起来的超重力技术，其核心为超重力旋转填充床。填充床内部为一个装满填料的高速旋转转子，其离心加速度为重力加速度的数十至上千倍。超重力旋转床利用离心力场来模拟超重力场，其核心在于对传递过程和微观混合过程的极大强化。随着超重力技术的迅速发展，超重力技术已经在油田注水脱氧、超微颗粒制备、聚合物脱挥、二氧化碳捕集、精馏等领域（详见中国专利 92102061、95105344.2、200710120712.7、200810103231 等）得到了应用。但是现有的超重力旋转填充床在进行费托合成时，还是不能精确的控制反应条件，如反应热不能进一步移除，会使反应条件不均匀、不精确，不能很好地调控产物的分布；反应物在催化剂中的时间长，影响催化活性等。

发明内容

本发明提供了一种用于调变费托合成产物分布的新型结构旋转填充床催化反应器及应

用方法，可以解决反应放热问题，从而精确控制条件，可以很好地调控反应产物的分布。

为实现上述目的，本发明采用的技术方案如下。

一种用于调变费托合成产物分布的超重力旋转填充床催化反应器，包括密闭的反应器壳体、固定有催化剂床层的转子、转轴、端盖、反应物的进口、产物的出口，其特征在于，催化反应器转子中布置有多层同心环式催化剂床层，催化剂层和端盖之间密封，每两层催化剂床层间分布有同心环式的层间换热段，可及时移出反应热；间隔有层间换热段的两层催化剂床层是相通的，反应物是连续通过多个催化剂床层，从而使每层催化剂都能接触到反应物料，反应物的进口位于转子的中心，壳体上开有产物出口，转子外缘设有叶片，用于将未反应的气体物料及产物输送到气体出口管，避免返回催化剂层。层间换热段为相间隔的多个套管（图 1 中的 41）或热管围绕转子中心组成的同心圆环，端盖上设有换热介质进口和出口装置，从而实现换热介质对套管或热管的温控。

上述催化剂床层分 2 层或多层固定在转子上，每两层环热层间均有层间换热段，换热段沿转子的径向同心分布；热管的外表面垂直于轴向布置有换热翅片（见图 4 的 43），套管亦优选带翅片的套管（见图 3 的 42）。

同心环式催化剂床层为固定在转子上的包覆有催化剂颗粒的同心环式丝网层或者固载有催化剂活性组分的同心环整体结构式填料。

热管或套管的制备材料为：钢，蒙耐合金，英科耐尔合金，铝、钛、镍、铜、黄铜或任意前述金属的合金，高分子材料，陶瓷，玻璃，包含高分子材料和玻璃纤维的复合材料，石英，硅，上述物质中的一种、两种或几种的组合。

转子的制备材料为：钢、蒙耐合金、英科耐尔合金、铝、钛、镍、铜、黄铜、或任意前述金属的合金；高分子材料、陶瓷、玻璃、包含高分子材料和玻璃纤维的复合材料、石英、硅、或其两种或多种的结合。

上述层间换热段为套管时，换热介质的进口和出口装置为平行于端盖叠放着的两块与转子同心的圆板，两圆板和端盖相互之间有空间间隔，两圆板的周边固定并密封在端盖上，套管的最外层垂直密封地固定在端盖上，套管的内管端口穿过靠近端盖的圆板并密封固定在圆板上，并且在此圆板上开设有换热介质进口管，换热介质进口管穿过最外面的圆板，最外面的圆板上设有换热介质出口管，换热介质通过套管移除热。

上述层间换热段为热管时，换热介质的进口和出口装置为平行于端盖、四周密封固定于端盖的、与转子同心的圆板，在此圆板的直径的两端设有换热介质进口管和出口管，热管密封固定在端盖上，一端位于层间换热段，另一端位于端盖和圆板之间，换热介质通过端盖和圆板之间热管移出热。

本发明的超重力反应器包括卧式的和立式的。卧式超重力反应器，产物出口设在转子旋转的切向方向。在立式旋转填充床催化反应器在密封的壳体和转子之间设有下推叶片，产品出口设置在壳体上转轴的位置，并且在出口处设有轴流元件，以便于未反应的气体物料及产物及时离开反应器。

本发明的超重力反应器优选：套管换热卧式超重力反应器（见图 1），带翅片的套管换热卧式超重力反应器（图 3），热管换热卧式超重力反应器（图 4），热管换热立式超重力反应器（图 5）。

产物和中间产物在催化剂上停留时间过长是催化剂积碳的原因之一，而积碳是费托反应催化剂失活的重要原因之一。因此，减少产物和中间产物在催化剂上的停留时间可以抑制的催化剂失活，延长催化剂的使用寿命。由于旋转填充床催化反应器可以强化传质和反应过程，在旋转填充床催化反应器中进行的上述转化反应，可以强化产物与催化剂之间的传质，减少产物扩散对催化反应过程的影响，通过在卧式旋转填充床催化反应器转子旋转的切向方向布置气体出口管，在立式旋转填充床催化反应器气体出口管中设置轴流元件，使反应物迅速离开反应环境，促使反应物向产物方向移动，从而克服常规反应器的缺点，达到提高催化剂利用效率，提高催化剂选择性，减少副产物生成，降低能耗的效果。同时，由于传热过程的强化使反应热迅速被移除，使催化反应更加长期平稳地运行。

由于费托合成反应是强放热反应，催化剂会因过热致使活性衰退，因此在反应进行的同时反应热必须及时移出催化剂床层，本发明的多段转子的换热段能够有效地将反应热移出催化剂床层，根据不同反应工艺条件，可选择使用不同的换热方式和换热介质（使用的换热介质包括气体、液体），从而保障催化剂床层的温度精确可控，从而达到控制反应产物的分布。

上述调变费托合成产物分布的反应器的应用，费托合成反应的催化剂安装在转子的催化剂床层中，反应过程中催化剂床层始终处于高速旋转状态，换热介质采用液体或气体，通过换热介质的进口进入，换热后，通过换热介质出口排除，反应物料由反应物进口进入，通过高速旋转的催化剂床层和层间换热段，生成的产物由产物出口排出；反应物料为煤基合成气、天然气基合成气、煤层气基合成气或生物质基合成气，其组成为各种比例的 $\text{CO}+\text{CO}_2+\text{H}_2$ ， $\text{CO}+\text{H}_2$ ， CO_2+H_2 ；旋转填充床催化反应器的超重力水平为 2-400g；反应温度为 180°C - 500°C ，反应压力为 1-100atm，气体空速为 $100\text{-}100000\text{h}^{-1}$ 。

本发明的用于费托合成反应的超重力反应器具有如下优势：

通过改变催化剂的种类、用量和旋转填充床催化反应器的内结构及超重力水平和反应的温度等，可以选择性地合成特定产品，费托反应的催化剂包括各种方法制备的 Co 基、Ru 基和 Fe 基等催化剂。反应放热被迅速带出反应区域，因此易于控制反应温度，适用于费托合成

反应并调控反应物分布，费托合成反应的传质，传热性能好，催化剂活性和产物选择性稳定，催化剂寿命长。

附图说明

图 1 是套管换热卧式超重力反应器示意图；

图 2 是卧式超重力反应器的侧视图；

图 3 是带翅片的套管换热卧式超重力反应器示意图；

图 4 是热管换热卧式超重力反应器示意图；

图 5 是热管换热立式超重力反应器示意图；

1 端盖，2 换热介质进口，3 反应物进口，41 套管式换热管，42 外管带翅片的套管式换热管，43 带翅片的热管式换热管，5 换热介质出口，6 内密封，7 催化剂床层，8 叶片，9 壳体，10 密封，11 转轴，12 产物出口，13 下推叶片，14 轴流元件。

具体实施方式

用于调变费托合成产物分布的超重力旋转填充床催化反应器，包括密闭的反应器壳体 9（和转轴之间通过密封 10 进行密封）、固定有催化剂床层 7 的转子、转轴 11、端盖 1、反应物的进口 3、产物的出口 12，其特征在于，催化反应器转子中布置有多层同心环式催化剂床层，催化剂层和端盖之间通过内密封 6 密封，每两层催化剂床层间分布有同心环式的层间换热段，可及时移出反应热；间隔有层间换热段的两层催化剂床层是相通的，使反应物在多层催化剂床层间进行流动从而继续反应，反应物的进口位于转子的中心，壳体上开有产物出口，转子外缘设有叶片 8，用于将未反应的气体物料及产物输送到气体出口管，避免返回催化剂层。层间换热段为相间隔的多个套管或热管围绕转子中心组成的同心圆环，端盖上设有换热介质进口 2 和出口 5 装置，从而实现换热介质对套管或热管的温控。

旋转填充床催化反应器是卧式或立式，卧式反应器气体出口管沿转子旋转的切向方向布置于壳体上；立式旋转填充床催化反应器在密封的壳体和转子之间设有下推叶片，见图 5 的 13，气体出口管中设有轴流元件，见图 5 的 14。

费托合成催化剂安装在超重力反应器的多段转子上，反应过程中催化剂床层始终处于高速旋转状态。合成气由超重力反应器的入口进入，通过高速旋转的催化剂床层。生成的产物由超重力反应器出口排出，并经气相色谱分析测定。在反应过程中放出的反应热可通过催化剂床层间的换热管从反应器中移出。根据催化剂和合成气转化率的不同，可以分别采用热管、套管及带翅片的套管进行换热，换热介质可使用液体或气体。

实施例 1

利用超重力反应器进行费托合成制石蜡反应。合成气为 $\text{CO} + \text{H}_2$ 的混合气， $\text{CO}/\text{H}_2 = 1/2$ 。将

Co/SiO₂费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上，采用套管换热卧式超重力反应器，见图 1，侧视图见图 2，套管为钢材料，换热介质为空气，换热介质的流速为 1 升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：1600h⁻¹，反应温度：210℃，反应压力：2.2MPa

催化剂床层转速：10rpm，催化剂床层超重力水平：3g

超重力反应器进行费托合成制石蜡反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	石蜡组分 (C ₁₈ - C ₃₀)
40%	95	30

实施例 2

利用超重力反应器进行费托合成制石蜡反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/2。将 Ru/SiO₂费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上，采用带翅片的套管换热立式超重力反应器，见图 3。套管为铝材料，换热介质为空气换，热介质的流速为 2 升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：5000h⁻¹，反应温度：190℃，反应压力：6.0MPa

催化剂床层转速：80rpm，催化剂床层超重力水平：10g

超重力反应器进行费托合成制石蜡反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	石蜡组分 (C ₁₈ - C ₃₀)
50.5%	95	40

实施例 3

利用超重力反应器进行费托合成制石蜡反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/1。将铁基费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上，采用热管换热立式超重力反应器，见图 5。热管为钢材料换，热介质为导热油，换热介质的流速为 1 升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：2000h⁻¹，反应温度：280℃，反应压力：3.0MPa

催化剂床层转速：100rpm，催化剂床层超重力水平：20g

超重力反应器进行费托合成制石蜡反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	石蜡组分 (C ₁₈ -C ₃₀)
60.5%	87	21

实施例 4

利用超重力反应器进行费托合成制柴油反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/2。将Ru/SiO₂费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上。采用热管换热立式超重力反应器，见图5。热管为铜材料，换热介质为空气，换热介质的流速为1升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：600h⁻¹，反应温度：190℃，反应压力：5MPa

催化剂床层转速：500rpm，催化剂床层超重力水平：60g

超重力反应器进行费托合成制柴油反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	柴油组分 (C ₉ -C ₁₈)
52.5%	91	52

实施例 5

利用超重力反应器进行费托合成制汽油反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/2。将Ru/SiO₂费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上。采用热管换热立式超重力反应器，见图5。热管为铜材料，换热介质为空气，换热介质的流速为1升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：500h⁻¹，反应温度：210℃，反应压力：0.5MPa

催化剂床层转速：2500rpm，催化剂床层超重力水平：150g

超重力反应器进行费托合成制汽油反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	汽油组分 (C ₅ -C ₁₂)
60.5%	78	40

实施例 6

利用超重力反应器进行费托合成制低碳烯烃反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/2。将Ru/SiO₂费托催化剂放入网状支撑件内固定于超重力反应器的转子上。采用热管换热立式超重力反应器，见图5。热管为铜材料，换热介质为空气，换热介质的流速为1升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：7500h⁻¹，反应温度：250℃，反应压力：2.5MPa

催化剂床层转速：5000rpm，催化剂床层超重力水平：250g

超重力反应器进行费托合成制低碳烯烃反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	烯烃组分 (C ₂ ⁼ -C ₄ ⁼)
30%	63	30

实施例 7

利用超重力反应器进行费托合成制炔烃反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/2。将Co/SiO₂费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上，采用热管换热立式超重力反应器，见图5。热管为铜材料，换热介质为空气，换热介质的流速为3升/分钟。

反应的工艺条件如下：

合成气空速：3000h⁻¹，反应温度：350℃，反应压力：0.6MPa

催化剂床层转速：8500rpm，催化剂床层超重力水平：400g

超重力反应器进行费托合成制炔烃反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	炔烃组分 (乙炔)
34.5%	10	30

实施例 8

利用超重力反应器进行费托合成制炔烃反应。合成气为CO+H₂的混合气，CO/H₂=1/1。将铁基费托催化剂放入网状支撑件内，固定于超重力反应器的转子上。采用热管换热立式超重力反应器，见图5。热管为铜材料换热介质为空气换热介质的流速为2升/分钟

反应的工艺条件如下：

合成气空速：1000h⁻¹，反应温度：210℃，反应压力：2.0MPa

催化剂床层超重力水平：350g

超重力反应器进行费托合成制炔烃反应结果：

CO 转化率 (%)	选择性 (%)	
	C ₅ ⁺	炔烃组分 (乙炔)
65.5%	29	11

权 利 要 求 书

1、一种用于调变费托合成产物分布的超重力旋转填充床催化反应器，包括密闭的反应器壳体、固定有催化剂床层的转子、转轴、端盖、反应物的进口、产物的出口，其特征在于，催化反应器转子中布置有多层同心环式催化剂床层，催化剂层和端盖之间密封，每两层催化剂床层间分布有同心环式的层间换热段，可及时移出反应热；间隔有层间换热段的两层催化剂床层是相通的，反应物是连续通过多个催化剂床层，从而使每层催化剂都能接触到反应物料，反应物的进口位于转子的中心，壳体上开有产物出口，转子外缘设有叶片，用于将未反应的气体物料及产物输送到气体出口管，层间换热段为相间隔的多个套管或热管围绕转子中心组成的同心圆环，端盖上设有换热介质进口和出口装置。

2、按照权利要求 1 的反应器，其特征在于，催化剂床层分 2 层或多层固定在转子上，每两层环热层间均有层间换热段，换热段沿转子的径向同心分布；热管的外表面垂直于轴向布置有换热翅片，套管为带翅片的套管。

3、按照权利要求 1 的反应器，其特征在于，同心环式催化剂床层为固定在转子上的包覆有催化剂颗粒的同心环式丝网层或者固载有催化剂活性组分的同心环整体结构式填料。

4、按照权利要求 1 的反应器，其特征在于，层间换热段为套管时，换热介质的进口和出口装置为平行于端盖叠放着的两块与转子同心的圆板，两圆板和端盖相互之间有空间间隔，两圆板的周边固定并密封在端盖上，套管的最外层垂直密封地固定在端盖上，套管的内管端口穿过靠近端盖的圆板并密封固定在圆板上，并且在此圆板上开设有换热介质进口管，换热介质进口管穿过最外面的圆板，最外面的圆板上设有换热介质出口管，换热介质通过套管移除热；

层间换热段为热管时，换热介质的进口和出口装置为平行于端盖、四周密封固定于端盖的、与转子同心的圆板，在此圆板的直径的两端设有换热介质进

口管和出口管，热管密封固定在端盖上，一端位于层间换热段，另一端位于端盖和圆板之间，换热介质通过端盖和圆板之间热管移出热。

5、按照权利要求 1 的反应器，其特征在于，热管或套管的制备材料为：钢，蒙耐合金，英科耐尔合金，铝、钛、镍、铜、黄铜或任意前述金属的合金，高分子材料，陶瓷，玻璃，包含高分子材料和玻璃纤维的复合材料，石英，硅，上述物质中的一种、两种或几种的组合；

转子的制备材料为：钢、蒙耐合金、英科耐尔合金、铝、钛、镍、铜、黄铜、或任意前述金属的合金；高分子材料、陶瓷、玻璃、包含高分子材料和玻璃纤维的复合材料、石英、硅、或其两种或多种的结合。

6、按照权利要求 1 的反应器，其特征在于，为卧式的，产物出口设在转子旋转的切向方向。

7、按照权利要求 1 的反应器，其特征在于，为立式的，在立式旋转填充床催化反应器在密封的壳体和转子之间设有下推叶片，产品出口设置在壳体上转轴的位置，并且在出口处设有轴流元件。

8、按照权利要求 1-7 所述的任一的反应器，其特征在于，为套管换热卧式超重力反应器、带翅片的套管换热卧式超重力反应器、热管换热卧式超重力反应器或热管换热立式超重力反应器。

9、利用权利要求 1 所述的反应器调变费托合成产物分布的方法，其特征在于，包括以下步骤：费托合成反应的催化剂安装在转子的催化剂床层中，反应过程中催化剂床层始终处于高速旋转状态，换热介质采用液体或气体，通过换热介质的进口进入，换热后，通过换热介质出口排除，反应物料由反应物进口进入，通过高速旋转的催化剂床层和层间换热段，生成的产物由产物出口排出；反应物料为煤基合成气、天然气基合成气、煤层气基合成气或生物质基合成气，其

组成为各种比例的 $\text{CO}+\text{CO}_2+\text{H}_2$, $\text{CO}+\text{H}_2$, CO_2+H_2 ; 旋转填充床催化反应器的超重力水平为 2-400g; 反应温度为 180°C - 500°C , 反应压力为 1-100atm, 气体空速为 $100\text{-}1000000\text{h}^{-1}$ 。

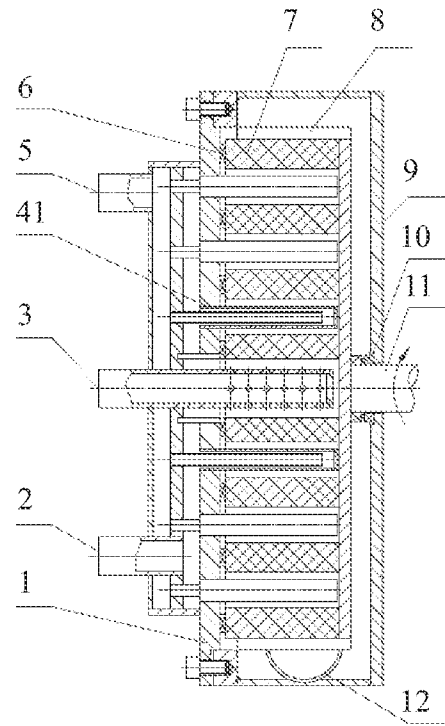


图 1

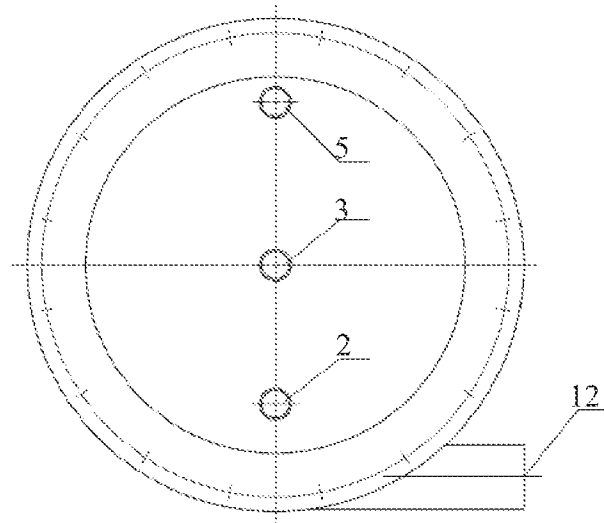


图 2

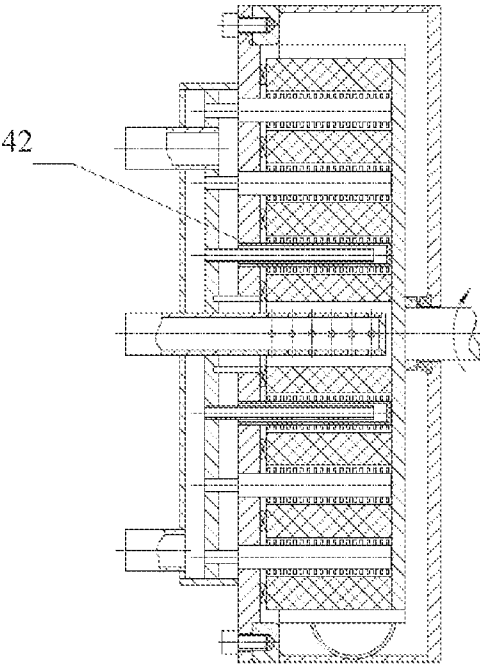


图 3

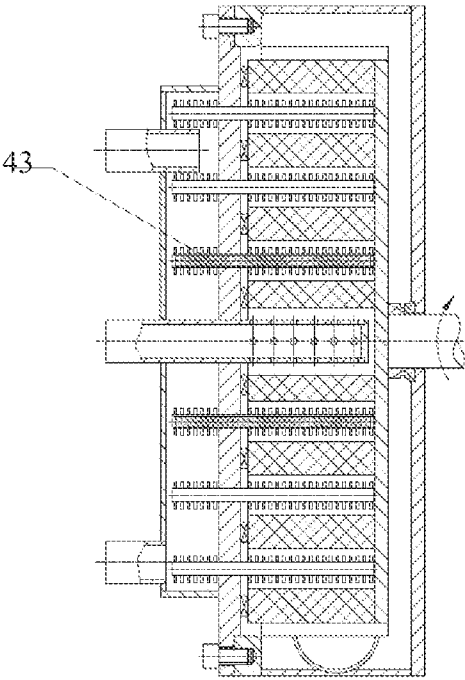


图 4

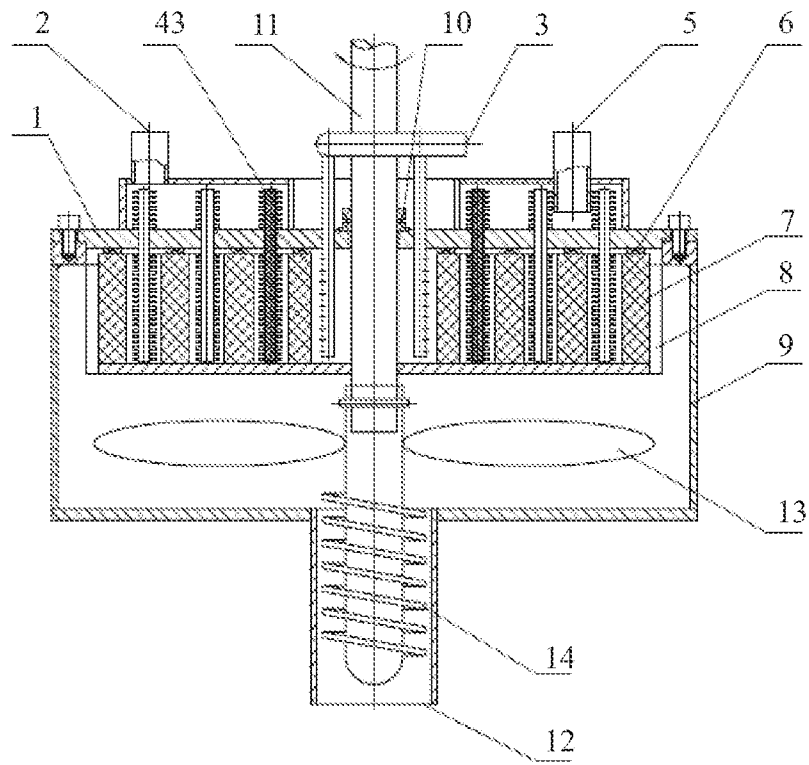


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/079015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: B01J, C10G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; CNKI; WPI; EPODOC: crane, rotating packed bed, rotating bed, catalyze, concentric, synthesizer, BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY; CHEN, Jianfeng; ZHANG, Yan; CHU, Guangwen; ZOU, Haikui; ultra gravity, hyper gravity, super gravity, high gravity, higee, rotat+, rotary, bed?, catalyst, concentric+, annulus?+, ring?, circle?, circulus, heat exchange, heat transfer, recuperate+, heat diffuse+, heat conduct+, Fischer Tropsch, Fischer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002086910 A1 (TRINH, S.H. et al.), 04 July 2002 (04.07.2002), claims 1-2, description, paragraphs 0013-0019, 0021-0023, and 0031-0032, and figure 1	1-9
Y	CN 102234212 A (SINOPEC CORP. et al.), 09 November 2011 (09.11.2011), description, paragraphs 0008-0012 and 0021-0022	1-9
Y	CN 101549274 A (BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY et al.), 07 October 2009 (07.10.2009), description, page 6, lines 8-17, and figures 1-2	1-9
Y	CN 1438067 A (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY), 27 August 2003 (27.08.2003), description, page 2, lines 6-18, and figures 2 and 4	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
17 December 2012 (17.12.2012)

Date of mailing of the international search report
27 December 2012 (27.12.2012)

Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer

LI, Xue

Telephone No.: (86-10) **62084792**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/079015

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 2654194 Y (XUE, Bi), 10 November 2004 (10.11.2004), description, page 2, lines 2-22, and figures 1-2	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2012/079015

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2002086910 A1	04.07.2002	US 6590001 B2	08.07.2003
CN 102234212 A	09.11.2011	None	
CN 101549274 A	07.10.2009	CN 101549274 B	21.12.2011
CN 1438067 A	27.08.2003	CN 1206022 C	15.06.2005
CN 2654194 Y	10.11.2004	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/079015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01J 8/10 (2006.01) i

C10G 2/00 (2006.01) i

A. 主题的分类		
见附加页		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC:B01J, C10G		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNPAT;CNKI;WPI;EPODOC:超重力, 超重机, 旋转填充床, 旋转填料床, 旋转床, 催化, 催化剂, 同心, 环, 换热, 传热, 移热, 导热, 费托, 合成, 北京化工大学, 陈建峰, 张焱, 初广文, 邹海魁, ultra gravity,hyper gravity,super gravity,high gravity,higee,rotat+,rotary ,bed?,catalyst,concentric+,annulus??.ring?,circle?,circulus,heat exchange,heat transfer,recuperate+,heat diffuse+,heat conduct+,Fischer Tropsch, Fischer		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	US2002086910A1 (TRINH S H 等) 04.7 月 2002 (04.07.2002) 权利要求 1-2, 说明书第 0013-0019、0021-0023、0031-0032 段, 图 1	1-9
Y	CN102234212A (中国石油化工股份有限公司等) 09.11 月 2011 (09.11.2011) 说明书第 0008-0012、0021-0022 段	1-9
Y	CN101549274A (北京化工大学等) 07.10 月 2009 (07.10.2009) 说明书第 6 页第 8-17 行, 图 1-2	1-9
Y	CN1438067A (上海交通大学) 27.8 月 2003 (27.08.2003) 说明书第 2 页第 6-18 行, 图 2、4	1-9
☒ 其余文件在 C 栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件		“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件
国际检索实际完成的日期 17.12 月 2012 (17.12.2012)		国际检索报告邮寄日期 27.12 月 2012 (27.12.2012)
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451		授权官员 李雪 电话号码: (86-10) 62084792

C(续). 相关文件		
类 型	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN2654194Y (薛碧) 10.11 月 2004 (10.11.2004) 说明书第 2 页第 2-22 行, 图 1-2	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/079015

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
US2002086910A1	04.07.2002	US6590001B2	08.07.2003
CN102234212A	09.11.2011	无	
CN101549274A	07.10.2009	CN101549274B	21.12.2011
CN1438067 A	27.08.2003	CN1206022C	15.06.2005
CN2654194Y	10.11.2004	无	

A. 主题的分类

B01J 8/10 (2006.01) i

C10G 2/00 (2006.01) i