



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104203809 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201380016845. 3

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(22) 申请日 2013. 03. 26

代理人 赵蓉民 张全信

(30) 优先权数据

13/429, 794 2012. 03. 26 US

(51) Int. Cl.

C01B 3/00 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/033920 2013. 03. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/158343 EN 2013. 10. 24

(71) 申请人 三照普燃料公司

地址 美国科罗拉多州

(72) 发明人 W·W·西蒙斯 S·P·怀特

C·普尔金斯

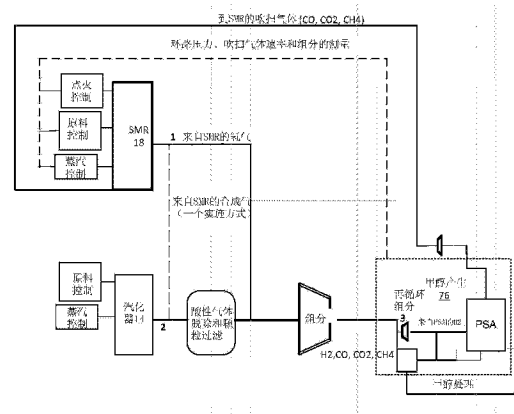
权利要求书4页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

用于多段式合成气发生的多种方法和装置

(57) 摘要

公开的多段式合成气发生系统包括高辐射热通量反应器、汽化器反应器控制系统和甲烷蒸汽重整器 (SMR) 反应器。所述 SMR 反应器与高辐射热通量反应器平行并与其合作以产生用于 MeOH 合成的高质量合成气混合物。来自两个反应器的合成的产物可用于 MeOH 合成。SMR 提供待与来自高辐射热通量反应器的潜在地富一氧化碳合成气混合的富氢气合成气。来自两个反应器的合成气成分流的结合可提供用于甲醇合成需要的氢气与一氧化碳比。所述 SMR 反应器控制系统和汽化器反应器控制系统相互作用以产生用于 MeOH 合成的高质量合成气混合物。



1. 多段式合成气发生系统,包括:

辐射高热通量反应器,其配置以接收生物质颗粒,所述生物质颗粒主要由于从所述辐射高热通量反应器发出的辐射热在所述反应器中于高于 950 摄氏度下经受生物质气化反应,以产生反应产物,所述反应产物包括灰烬以及从所述辐射高热通量反应器的出口出来的氢气和一氧化碳的合成气组分;

烃重整反应器,其配置以接收基于甲烷的气体,其中所述烃重整反应器与所述辐射高热通量反应器平行并与其合作以在来自两个反应器的所得反应产物之间产生用于有机液体产品合成的高质量合成气混合物,其中所述烃重整反应器提供:1) 氢气、2) 富氢气合成气组合物——其中氢气与一氧化碳的比例高于用于有机液体产品合成通常需要的比例、和 3) 二者的任意组合,以便与来自所述辐射高热通量反应器的潜在地富一氧化碳合成气组合物混合,在所述富一氧化碳合成气组合物中一氧化碳与氢气的比例高于用于有机液体产品合成通常需要的比例,以提供用于有机液体产品合成的需要的氢气与一氧化碳比例;和

公共入口,其进入连接在所述烃重整反应器和所述辐射高热通量反应器下游的有机液体产品合成反应器装置,配置来接收来自所述烃重整反应器的所述合成气组分的第一流和来自所述辐射高热通量反应器的所述合成气组分的单独的第二流,其中一个或多个控制系统监控来自一个或多个传感器的所述合成气组分的所述第一流和所述合成气组分的所述第二流的化学组成反馈信号以产生用于有机液体产品合成的高质量合成气混合物。

2. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述烃重整反应器是甲烷蒸汽重整器 (SMR),其中所述辐射高热通量反应器具有生物质颗粒进料系统、第一蒸汽供应入口、第一组传感器以测量从所述辐射高热通量反应器产生的产物气体的化学组成、和汽化器反应器控制系统以在 950 摄氏度以上引起所述生物质颗粒的所述生物质气化反应,所述 SMR 反应器具有基于甲烷的气体的进料系统、第二蒸汽供应入口、第二组传感器以测量从所述 SMR 反应器产生的产物气体的化学组成、和 SMR 控制系统,并且所述 SMR 控制系统和所述汽化器反应器控制系统是所述一个或多个控制系统的部分,其中所述有机液体产品合成是甲醇合成,并且进入所述甲醇合成反应器装置的所述公共入口也被配置以从离开所述甲醇合成反应器装置的吹扫管线接收气体,其中所述汽化器反应器控制系统和所述 SMR 控制系统相互作用以控制从下列供应到所述甲醇合成反应器装置的氢气和一氧化碳气体的量以获得用于甲醇合成的合适的氢气 / 一氧化碳比例:1) 来自所述 SMR 反应器的所述合成气组分的所述第一流、2) 来自所述辐射高热通量反应器的所述合成气组分的所述单独的第二流和 3) 氢气流,其来自断开从所述甲醇合成反应器装置出来的吹扫气体管线的分离器,并且将这三个来源的任一种混合在一起,然后将所述合成气以合适的比例供应到所述甲醇合成反应器装置。

3. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述烃重整反应器是甲烷蒸汽重整器 (SMR),其中汽化器反应器控制系统和 SMR 控制系统是所述一个或多个控制系统的部分,并且相互作用以与改变基于甲烷的气体通过所述 SMR 反应器的流动相比,更逐渐地改变所述生物质颗粒通过所述辐射高热通量反应器的流动;并且因此,所述 SMR 控制系统被配置以使作为所述 SMR 反应器中的反应物的所述基于甲烷的气体和蒸汽的流节流,以用作粗控以保持用于甲醇合成的合适的氢气与一氧化碳的比例,同时保持夹带在载气中的所述生物质颗粒的流动稳定地通过所述辐射高热通量反应器。

4. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述有机液体产品合成是甲醇合成,其中由从所述辐射高热通量反应器离开的一氧化碳和氢气组成的所述合成气组合物物流至颗粒控制装置以清除来自所述辐射高热通量反应器的所述合成气组分的所述第二流中的任何灰烬和其他固体,并且从所述甲醇合成反应器装置吹扫流出来的部分甲烷作为原料被供应到所述烃重整反应器中,其中所述甲烷是:1) 在所述辐射高热通量反应器中的所述生物质气化反应中产生的或 2) 仅仅是供应到所述辐射高热通量反应器中的携带所述生物质颗粒的夹带气体的部分,并且其中来自所述辐射高热通量反应器的所述合成气组分被进一步供应到气体清洁部分以冷却气体产物、过滤出包括硫化化合物的有害杂质气体、并压缩以增加用于供应到所述甲醇合成反应器装置的所述公共入口的所述合成气组分的压力。

5. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述辐射高热通量反应器包括从管的内部加热的两个或多个管,并且具有在所述管的外部流动的生物物质。

6. 根据权利要求 3 所述的多段式合成气发生系统,其中所述有机液体产品合成是甲醇合成,其中所述甲醇反应器装置被配置以从下列三个来源在所述公共入口接收合成气组分:1) 来自 SMR 反应器的合成气、2) 来自所述辐射高热通量反应器的合成气和 3) 氢气流,其来自断开从所述甲醇合成反应器装置出来的吹扫气体管线的分离器,其中所述 SMR 反应器控制系统和所述汽化器反应器控制系统相互作用以控制来自所述三个来源的结合的气流的化学组成,这是获得用于高质量甲醇合成所需的合成气组合物供应的合适的氢气与一氧化碳比例所必需的,所述比例是 2.0:1 到 3:1 的氢气与一氧化碳比例。

7. 根据权利要求 6 所述的多段式合成气发生系统,其中所述辐射高热通量反应器包括在所述辐射高热通量反应器中的两个或多个垂直取向的管,并且其中所述生物质颗粒在所述管中流动,并且一个或多个交流换热的或回收的热源和辐射高热通量反应器本身的表面发射辐射热到所述两个或多个管的外面。

8. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述有机液体产品合成是甲醇合成,其中所述甲醇合成反应器装置的吹扫气体管线中的氢气在单独步骤中从吹扫气体产物的剩余部分中分离,其中所述氢气再循环到合成气组分供应到所述甲醇合成反应器装置的入口中,并且所述甲醇合成反应器装置的所述吹扫气体管线中的任意甲烷——其为 1) 在所述生物质气化中产生或 2) 在所述生物质气化反应期间仅仅存在于所述高辐射热通量反应器中——作为原料被发送到所述烃重整反应器或作为燃料来源被发送到所述烃重整反应器或所述辐射高热通量反应器。

9. 根据权利要求 3 所述的多段式合成气发生系统,进一步包括:

现场燃料合成反应器,其与所述辐射高热通量反应器和所述 SMR 反应器在地理上位于相同的位置,其中所述现场燃料合成反应器连接在下游以从所述甲醇合成反应器装置接收甲醇产品,并且在烃类燃料合成过程中使用它们以形成液态烃类燃料、混合原料燃料和化学原料中的至少一种,其包括汽油、航空燃料、中间馏分、烯烃、二甲醚和其他含氧烃。

10. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述比例是 2.3 到 3.0 比 1,其引起一氧化碳转化为甲醇的较大总转化率。

11. 根据权利要求 3 所述的多段式合成气发生系统,其中与所述传感器相互作用的所述两个控制系统被配置以提供反馈,并且控制 1) 供应到所述辐射高热通量反应器中的生物质颗粒的流速、2) 进入所述 SMR 反应器的天然气和蒸汽的流速、3) 输出所述一个或多个

交流换热的或回收的热源以增加进入所述辐射高热通量反应器中的它们的热输入和 4) 这三种的任意组合。

12. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述烃重整包括用于所述烃重整反应器中的反应的热传递辅助,其中所述热传递辅助包括下列的一个或多个:(1) 生物物质颗粒的流化床或夹带流、(2) 化学惰性颗粒的流化床或夹带流、(3) 蜂窝块、(4) 陶瓷管或气凝胶、(5) 开放结构填充环,其包括以下中的任何:(a) 拉西环、(b) 丝网、(c) 耐高温材料构成的线材和 (d) 网状多孔陶瓷 (RPC) 泡沫。

13. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中在所述气化反应在所述辐射高热通量反应器中发生后,然后快速冷却发生以在骤冷区捕获分子状态的所述反应产物,所述骤冷区紧接着位于所述辐射高热通量反应器的出口的下流,以经由快速冷却从所述辐射高热通量反应器离开的反应产物的至少氢气和一氧化碳而立即骤冷,其中所述骤冷在十秒内获得 850 摄氏度或更低的温度,其低于减少所述生物物质颗粒的灰烬残留物聚结的水平。

14. 根据权利要求 1 所述的多段式合成气发生系统,其中所述辐射高热通量反应器系统包括生物物质颗粒进料系统以处理生物物质到控制的粒径为 1 微米 (um) 和 2000um 之间的平均最小尺寸,并且其中所述生物物质进料系统可以作为颗粒供应多种非食品原料生物物质来源至所述辐射高热通量反应器中。

15. 根据权利要求 14 所述的多段式合成气发生系统,其中所述汽化器反应器控制系统保持所述辐射高热通量反应器中的反应条件和控制的粒径、在反应器的出口高于 950 摄氏度的温度和反应器内的设计的停留时间的结合,以引起具有所得的稳定灰烬形成的分散的生物物质颗粒状物在小于 5 秒的停留时间内迅速气化,导致焦油完全改良到小于 500 毫克每标准立方米,和所述生物物质颗粒到产生氢气和一氧化碳产物的转化率为至少 80%。

16. 集成设备中多段式合成气发生系统的方法,包括:

提供辐射高热通量反应器以在生物物质颗粒上进行生物物质气化反应,以引起产生至少一氧化碳、氢气和灰烬;

提供烃重整反应器,所述烃重整反应器与所述辐射高热通量反应器平行并与其合作以在来自两个反应器的所得产物之间产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物,其中所述烃重整反应器提供富氢气合成气以便与来自所述辐射高热通量反应器的潜在地富一氧化碳合成气混合,以提供甲醇合成所需要的氢气与一氧化碳比例;和

立即骤冷来自所述辐射高热通量反应器中的所述生物物质气化反应的产物,并且然后从所述产物中除去灰烬和其他固体。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其中所述烃重整反应器是蒸汽重整反应器 (SMR),并且进一步包括当与所述生物物质反应的反应产物混合时,通过节流控制来自所述 SMR 反应的氢气/一氧化碳的体积,以获得用于甲醇合成的合适的氢气/一氧化碳比例,使得改变所述生物物质通过所述辐射高热通量反应器的流动比改变基于甲烷的气体通过所述 SMR 的流动更逐渐地发生。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,进一步包括:

保持进料到辐射高热通量反应器中的生物物质的量在特定范围内,并且改变所述高辐射高热通量反应器的输出以保持温度在特定范围内,以控制输出的合成气组成,并且其中所述

辐射高热通量反应器包括内部加热的管和在所述管的外部上流动的生物质。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,进一步包括:

提供甲醇反应器装置,其从公共入口接收以下的合成气:1) 来自 SMR 反应器的合成气、2) 来自高辐射热通量反应器的合成气和 3) 氢气流,其来自断开从所述甲醇合成反应器装置出来的吹扫气体管线的分离器;和

控制来自所述三个来源的结合的气流的化学组成,这是获得用于高质量甲醇合成所需的合成气组合物供应的合适的氢气与一氧化碳的比例所必需的,所述比例是 2.0:1 到 3:1 的氢气与一氧化碳比例。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中反应物通过所述 SMR 反应器的流动用于动态地控制供应到所述甲醇合成反应器装置的氢气与一氧化碳比例,同时试图保持来自所述辐射高热通量反应器的产物的流动相对稳定。

用于多段式合成气发生的多种方法和装置

[0001] 背景

[0002] 在甲烷蒸汽重整 (SMR) 反应中天然气或液态丙烷气 (LPG) 可以与蒸汽一起使用。甲醇是具有式 CH_3OH 的化学品 (常常缩写为 MeOH)。它是最简单的醇, 并且是可燃的燃料, 且在常温下可作为液体储存。甲醇可由合成气合成并且然后使用甲醇转化为汽油方法 (Methol-to-Gasoline process) 将其变成汽油。生物质可以在汽化器内气化。然而, 当将来自汽化器的灰烬和其他固体颗粒被发送到 SMR 时, 则该方法易于阻塞 SMR。

[0003] 概述

[0004] 公开了多段式合成气发生系统, 其包括高辐射热通量反应器、汽化器反应器控制系统和甲烷蒸汽重整器 (SMR) 反应器。SMR 反应器与高辐射热通量反应器平行并与其合作以产生用于 MeOH 合成的高质量合成气混合物。来自这两个反应器的所得产物可以用于 MeOH 合成。SMR 提供富氢气合成气以便与来自高辐射热通量反应器的潜在地富一氧化碳合成气混合。来自两个反应器的合成气组分流体的结合可提供甲醇合成所需要的氢气与一氧化碳比。SMR 反应器控制系统和汽化器反应器控制系统相互作用以产生用于 MeOH 合成的高质量合成气混合物。

[0005] 附图简述

[0006] 多个附图涉及本发明的实例实施方式。

[0007] 图 1 图解了使用再生天然气燃烧器作为热源用于生物质气化实施的高辐射热通量化学反应器的实施方式的流程示意图。

[0008] 图 2A 图解了实例多段式合成气发生系统的实施方式的方框图。

[0009] 图 2B 图解了多段式合成气发生系统与它的高辐射热通量反应器、甲烷蒸汽重整器反应器和相关设备的实例集成工艺流程的实施方式的方框图。

[0010] 图 2C 图解了实例多段式合成气发生系统的另一个实施方式的方框图。

[0011] 图 3 图解了在高辐射热通量反应器的实施方式中装入错位和交错的反应管的接收器腔体的实施方式的剖视图。

[0012] 图 4 图解了将载气中的生物质颗粒供应到高辐射热通量反应器的夹带流动生物质进料系统的实施方式。

[0013] 图 5 图解了配置以产生包括合成气产品的化学产品的辐射热化学反应器的实施方式的流程示意图。

[0014] 图 6 图解了具有相互作用的多个控制系统的高热通量驱动的生物炼制的实施方式的图。

[0015] 虽然本发明容易进行多种改变和变化形式, 但是已经通过实例的方式示出其具体实施方式, 并且本文将详细描述。应当理解本发明不限于公开的具体形式, 但是相反, 意图是覆盖落入本发明的精神和范围内的所有改变、等价形式和替代形式。

[0016] 详细讨论

[0017] 在以下描述中, 为了提供对本发明的完全理解, 陈述了许多具体细节, 例如具体的化学品、指定的成分、连接、热源类型等等的实例。然而, 对本领域技术人员显而易见的是在

没有这些具体细节的情况下也可以实施本发明。在其他情况,为了避免不必要地模糊本发明,没有详细描述熟知的成分或方法,而是以方框图描述。因此,陈述的具体细节仅仅是示例性的。具体细节可从本发明的精神和范围变化,并且仍被考虑在本发明的精神和范围内。

[0018] 描述了与高辐射热通量反应器和它的相关集成化学设备相关的许多实例方法和装置。以下附图和文本描述了设计的多个实例实施。多段式合成气发生系统可以包括高辐射热通量反应器和甲烷蒸汽重整器(SMR)反应器。高辐射热通量反应器被配置以接收生物质颗粒,所述生物质颗粒在反应器中于高于950摄氏度下经受生物质气化反应,这主要是由于高辐射热通量反应器发出的辐射热,以产生反应产物,所述反应产物包括灰烬以及从高辐射热通量反应器的出口出来的氢气和一氧化碳的合成气产物。SMR反应器被配置以接收基于甲烷的气体。SMR反应器与高辐射热通量反应器平行并与其合作以在来自两个反应器的所得反应产物之间产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物。SMR提供1)氢气、2)富氢气合成气组合物——其中氢气与一氧化碳的比例高于甲醇合成通常需要的比例、和3)二者的任意组合物。将富氢气合成气组合物与来自高辐射热通量反应器的潜在地富一氧化碳合成气组合物混合,在富一氧化碳合成气组合物中一氧化碳与氢气的比例高于甲醇合成通常需要的比例,以提供甲醇合成需要的氢气与一氧化碳比例。进入连接在SMR反应器和高辐射热通量反应器下游的甲醇合成反应器装置(train)的公共入口被配置以接收来自SMR反应器的合成气组分的第一流和来自高辐射热通量反应器的合成气组分的单独的第二流。基于由化学传感器反馈的化学组成,SMR反应器控制系统与汽化器反应器控制系统相互作用以产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物。高辐射热通量反应器是可以使用的生物质汽化器的一种实例类型。本领域技术人员将理解在此说明性文件中下面讨论的许多设计的一部分和方面可以单独使用或彼此结合使用。

[0019] 图1图解了使用再生天然气燃烧器作为热源用于生物质气化实施的高辐射热通量化学反应器的实施方式的流程示意图。

[0020] 高辐射热通量反应器114至少具有生物质颗粒进料系统、蒸汽供应入口、一个或多个交流换热加热器、第一组传感器以测量由高辐射热通量反应器产生的产物气体的化学组成、和汽化器反应器控制系统。高辐射热通量反应器114具有向下气流几何结构,其中多个反应管102以垂直方向位于热接收器106的腔体内部。辐射热驱动的化学反应在多个反应管102中发生。因此,高辐射热通量反应器包括高辐射热通量反应器中的两个或多个垂直取向的管102。生物质颗粒在管102内流动,并且一个或多个交流换热加热器以及高辐射热通量反应器本身的表面向两个或多个管102的外部发射辐射热。(对于生物质向管流动的可选布置见图5)腔体由散布辐射能的高度反射材料制造,并且接收器106装入超高热通量高辐射热通量反应器114的多个反应管102。反应管102可被配置以使多种化学反应物经过管以使用来自辐射能的热能引起蒸汽甲烷反应和生物质颗粒的气化,所述多种化学反应物包括1)甲烷、2)天然气、3)蒸汽、4)生物质颗粒和5)这四种的任意组合。

[0021] 高辐射热通量反应器114主要由辐射传热驱动,而不是对流或传导驱动。因此,辐射传热驱动高热通量。典型的气体化学反应器使用对流或传导以传递能量,并且这些具有 $20\text{W}/\text{m}^2$ 到 $100\text{W}/\text{m}^2$ 之间的有效传热系数,给出了低于 $10\text{kW}/\text{m}^2$ 的有效传热通量(对于最高 100°C 驱动温度差)。高辐射热通量生物质汽化器将使用比对流驱动的生物质汽化器中发现的那些热通量显著地大至少三倍的量(即大于 $25\text{kW}/\text{m}^2$)。通常,在高温(>950 摄氏

度壁温)下使用辐射,使用设计合适的反应器可获得高得多的通量(高热通量大于 $80\text{kW}/\text{m}^2$)。在一些情况下,高热通量可能是 $100\text{kW}/\text{m}^2$ – $250\text{kW}/\text{m}^2$ 。对于限制热传递的反应,资本设备的尺寸随着通量线性地减小,并且资本成本大大降低。全部由对流和/或传导驱动的典型的化学反应器不能获得这些通量比率或工艺设备的尺寸。

[0022] 燃气交流换热燃烧器 110 在反应器的控制系统的指示下向高辐射热通量反应器 114 供应热能。接收器 106 的内侧壁吸收或高度反射来自交流换热燃烧器 110 的集中能量,所述交流换热燃烧器 110 沿着接收器 106 腔体的壁放置,以引起通过热辐射和反射的能量运输,以总体上将那些热通量运输到反应管的壁内的生物质颗粒。接收器 106 内壁吸收或高度反射交流换热燃烧器 110 以引起辐射热并且然后总体上将那些热辐射地传输到太阳能驱动的高辐射热通量反应器 114 的管中的生物质颗粒。接收器 106 腔体的内壁可以由允许接收器 106 腔体在高壁温——大于 1200 摄氏度——下操作的材料制造,以便能够实现高传热速率、非常短的停留时间的快速反应动力学和由合成气的气化反应产生的一氧化碳和氢气的高选择性。

[0023] 图 2A 图解了实例多段式合成气发生系统的实施方式的方框图。SMR 反应器 18 与气化生物质的辐射热通量反应器 14 平行并与其合作,并且来自两个反应器的所得反应产物结合以产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物。SMR 反应器 18 提供 1) 氢气、2) 富氢气合成气组合物——其中氢气与一氧化碳的比例高于甲醇合成通常需要的比例、和 3) 二者的任意组合物,以便与来自辐射热通量反应器的 14 的潜在地富一氧化碳合成气组合物混合,在富一氧化碳合成气组合物中一氧化碳与氢气的比例高于甲醇合成通常需要的比例,以提供甲醇合成需要的氢气与一氧化碳比例。反应物流动通过 SMR 反应器 18 用于动态地控制供应到甲醇合成反应器装置 76 的氢气与一氧化碳的比例,同时试图保持反应物在辐射热通量反应器中的流动相对稳定。注意,SMR 反应器 18 包括标准催化 SMR 反应器以及热 SMR 反应器。热 SMR 反应器升高温度到高于 1200 摄氏度以分解 CH_4 甲烷为 H_2 和焦炭。然后 SMR 反应器将焦炭暴露在 H_2O 蒸汽下以气化焦炭和形成额外的 CO 和 H_2 的合成气组分。焦炭是源自甲烷气体的分解的固体含碳物质。

[0024] 当 SMR 反应器 18 主要产生 H_2 气体时,则在酸性气体脱除和颗粒过滤步骤之后它的三通阀使 H_2 气体和其他成分通过,以便与来自辐射热通量反应器 14 的合成气组分结合。当 SMR 反应器 18 主要产生合成气组分时,则它的三通阀使合成气组分的此第一流通过,与来自辐射热通量反应器 14 的合成气组分的第二流结合,以在酸性气体脱除、热清除、潜在地颗粒过滤和压缩步骤中进行处理。

[0025] 进入甲醇合成反应器装置 76 的公共入口连接在 SMR 反应器 18 和辐射热通量反应器 14 的下游。进入甲醇合成反应器装置 76 的公共入口被配置以接收来自 SMR 反应器 18 的合成气组分的第一流和来自辐射热通量反应器 14 的合成气组分的单独的第二流,所述合成气组分的第一流为 1) H_2 气体、2) H_2 、 CO 、 CO_2 气体和这两种的任意组合物。一个或多个控制系统监控来自一个或多个传感器的合成气组分的第一流和合成气组分的第二流的化学组成反馈信号以产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物。汽化器反应器控制系统和 SMR 控制系统可以是一个或多个控制系统的部分。

[0026] 甲醇合成反应器装置 76 从接收的合成气组分产生甲醇。来自甲醇合成反应器装置 76 的吹扫气体管线将包括 CO 、 CO_2 和 CH_4 的气体发送到 SMR 反应器 18 的入口。来自甲

醇合成反应器装置 76 的反馈回路提供环路压力的测量、吹扫气体速率和组成至一个或多个控制系统。

[0027] 吹扫气体管线也可以最初包含大量 H₂ 气体。汽化器反应器控制系统和 SMR 控制系统相互作用以控制供应到甲醇合成反应器装置 76 的氢气和一氧化碳气体的量以从下列获得用于甲醇合成的适当的氢气 / 一氧化碳比例 :1) 来自 SMR 反应器 18 的合成气组分的第一流、2) 来自高辐射热通量反应器 14 的合成气组分的单独的第二流和 3) 来自断开从甲醇合成反应器装置 76 出来的吹扫气体管线的再循环回路的氢气流, 并且这三种来源的任何被混合在一起, 然后以合适的比例将合成气进料到甲醇合成反应器装置 76。因此, 甲醇反应器装置 76 被配置以在公共入口从以下三个来源接收合成气组分 :1) 来自 SMR 反应器 18 的合成气、2) 来自高辐射热通量反应器 14 的合成气和 3) 来自从甲醇合成反应器装置 76 出来的吹扫气体管线外面的再循环回路的氢气流。

[0028] 包含在甲醇合成反应器装置 76 的吹扫气体管线中的甲烷作为原料被发送到 SMR 反应器 18。甲烷可以在高辐射热通量反应器 14 中的生物质气化反应中产生并且可以被携带经过甲醇生产过程, 2) 仅仅是被进料到高辐射热通量反应器 14 的携带生物质颗粒的夹带气体的一部分, 并且被携带经过甲醇生产过程, 或 3) 在生物质气化反应期间以一些其他方式存在。

[0029] 高质量甲醇合成所必需的合成气的合适的氢气与一氧化碳的比例可以是 2.0:1 到 3.0:1 氢气与一氧化碳的比例, 并且优选 2.3 到 3.0 比 1。合适的氢气与一氧化碳的比例引起一氧化碳到甲醇的较大的总转化率, 并且每次通过甲醇合成装置一氧化碳到甲醇的转化率是 50% 或更高。

[0030] 图 2C 图解了实例高辐射热通量反应器及其设计和合作的 SMR 反应器的实施方式的方框图, 构成多段式合成气产生。甲烷蒸汽重整器 (SMR) 反应器 208 可以至少具有基于甲烷的气体的进料系统、蒸汽供应入口、第二组传感器以测量由 SMR 产生的产物气体的化学组成、和 SMR 控制系统。SMR 反应器 208 可与高辐射热通量反应器 214 平行使用并与其合作以在来自两个反应器的所得产物之间产生用于 MeOH 合成的高质量合成气混合物。SMR208 可以提供富氢气合成气组合物, 其中氢气与一氧化碳的比例高于甲醇合成通常需要的比例, 以便与来自高辐射热通量反应器 214 的潜在地富一氧化碳合成气组合物混合, 在所述富一氧化碳合成气组合物中一氧化碳与氢气的比例高于甲醇合成通常需要的比例, 以提供甲醇合成需要的氢气与一氧化碳比例。注意, 基于甲烷的气体, 例如天然气或 LPG 气体, 可作为原料提供至 SMR208、作为燃料提供用于高辐射热通量反应器的加热器和潜在地蒸汽锅炉的加热器, 以及潜在地作为生物质颗粒的载气。SMR208 接收天然气 (CH₄) 并以过热蒸汽的形式添加 H₂O, 所述过热蒸汽来自产生一氧化碳 (CO) 和氢气 (H₂) 的锅炉, 通常产生每一摩尔 CO 产生 3 摩尔 H₂。有时甲烷的吸热蒸汽重整可以是 (4CH₄+O₂+2H₂O+ 能量 → 10H₂+4CO) 或 (CH₄+CO₂+H₂O+ 能量 → 2H₂+2CO+H₂O)。平行地, 高辐射热通量反应器 214 接收生物质颗粒, 例如具有 C₆H₁₀O₅ 的实例纤维素组分和 C₁₀H₁₂O₃ 的实例木质素组分的软木材添加过热蒸汽 (H₂O), 并且可能地热传递辅助颗粒作为原料以产生大量的 CO 和 H₂。由来自生物质汽化器的 CO 和 H₂ 组成的合成气组合物通过气体清洁部分以冷却、增压和清除任何灰烬和其他固体和任何有害气体例如硫化氢和 / 或来自合成气的过量二氧化碳 (相对于甲醇产生需要的量), 到达甲醇合成反应器 (CH₃OH)。由来自 SMR 反应器 208 的 CO 和 H₂ 组成的合成气

组合物直接通过气体清洁部分以潜在地冷却、加压和从合成气清除有害气体到达甲醇合成反应器 (CH₃OH)。

[0031] 注意,在骤冷和颗粒控制装置 209 清除离开高辐射热通量反应器 208 的气流中的任何灰烬和其他固体之后,再循环回路在适当的位置上以使甲烷 (CH₄) 通过从高辐射热通量反应器的出口到达 SMR 反应器 208,所述甲烷 1) 在生物质气化中产生或 2) 仅仅存在于高辐射热通量反应器 214 中的生物质气化反应中和 3) 二者的任意组合。颗粒控制装置可以包括颗粒过滤器、离心力组件、任何类似的方法以从气体中清除颗粒、和这三种的任意组合。从高辐射热通量反应器离开的一氧化碳和氢气组成的合成气组合物流至骤冷和颗粒过滤器 209 以清除来自高辐射热通量反应器的合成气组分的第二流中的任何灰烬和其他固体。将来自高辐射热通量反应器 214 的合成气的第一部分而不是所有进料给 SMR 反应器 208 以使 1) 高辐射热通量反应器中的生物质气化反应中产生的任何甲烷反应,或 2) 使为进料到高辐射热通量反应器 214 的生物质颗粒的部分的任何甲烷反应,其包含在从高辐射热通量反应器 214 供应到 SMR 反应器 208 的合成气组分的第一部分中。汽化器反应器控制系统控制通到 SMR208 中的第一部分的量以保证进料到甲醇合成反应器装置 276 中的合成气的质量。来自高辐射热通量反应器 214 的合成气组分的另一第二部分进一步进料到气体清洁部分以进一步冷却气体产物,过滤 268 出包括硫化化合物的有害杂质气体,和压缩 274 以增加第二流中合成气组分的压力,以便进料到甲醇合成反应器装置 276 的公共入口。

[0032] 在实施方式中,汽化器反应器控制系统和 SMR 控制系统相互作用以比改变基于甲烷的气体通过 SMR 反应器 208 的流动更逐渐地改变生物质颗粒通过高辐射热通量反应器的流动。因此,通常,SMR 控制系统被配置以使作为 SMR 反应器中的反应物的基于甲烷的气体和蒸汽节流,以用作粗控以保持用于甲醇合成的合适的氢气与一氧化碳的比例,同时保持夹带在载气中的生物质颗粒流稳定地通过高辐射热通量反应器 214。然而,当试图保持温度在特定范围内时,汽化器反应器控制系统也可改变进料到高辐射热通量反应器 214 中的生物质的量为载气体积以控制输出合成气组合物;但是,在高辐射热通量反应器 214 中的改变速率低于在 SMR208 中的改变速率。

[0033] 多段式合成气发生系统具有 SMR 合成气流和生物质合成气流,其在被进料到甲醇合成反应器装置 276 之前汇合并混合。连接在 SMR 反应器 208 和高辐射热通量反应器 214 下游的进入甲醇合成反应器装置 276 的公共入口被配置以接收来自 SMR 反应器 208 的合成气组分的第一流和来自高辐射热通量反应器 214 的合成气组分的单独的第二流。这两个反应器的控制系统基于来自位于两个反应器的出口的第一和第二组传感器的化学组成反馈而相互作用以产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物。

[0034] 在一些实施方式中,进入甲醇合成反应器装置的公共入口也被配置以从压载式罐 278 接收气体,所述压载式罐 278 供应和在罐中储存 H₂ 和 CO 气体。H₂ 和 CO 供应罐可以注入它们各自的气体以迅速补偿合成气组合物中的小的喘振和以较低速率变化整体保持 SMR 流动和生物质流动。因此,当微调控制进料到甲醇合成反应器装置 276 中的氢气与一氧化碳的比例时,汽化器反应器控制系统和 SMR 控制系统相互作用以从压载式罐 278 注入下列的流:1) 氢气、2) 一氧化碳气体和 3) 二者的任意组合。多段式合成气发生系统可以使用下述的任意组合:来自 SMR208 的富氢气合成气组分、来自高辐射热通量反应器 214 的富一氧化碳合成气组分和来自压载式罐 278 的纯 CO 或 H₂ 气体。

[0035] 1) 来自 SMR 反应器 208 的合成气组分的第一流、2) 来自高辐射热通量反应器 214 的合成气组分的单独的第二流和 3) 从压载式罐 278 注入的氢气、一氧化碳气体和二者的任何一个的流被混合,然后将该合成气以合适的比例进料到甲醇合成反应器装置 276。因此,甲醇反应器装置被配置以在公共入口从三个来源接收合成气组分:1) 来自 SMR 反应器 208 的合成气、2) 来自高辐射热通量反应器 214 的合成气和 3) 来自小储槽 278 的氢气或一氧化碳气体。SMR 反应器控制系统和汽化器反应器控制系统相互作用以控制从三个来源结合的气流的化学组成,这对于实现高质量甲醇合成所需进料的合成气组合物的合适的氢气与一氧化碳的比例是必要的,该氢气与一氧化碳的比例是 2:1 到 3:1,优选范围是 2.3 到 3:1。

[0036] SMR208 设计可包括热传递辅助,用于 SMR 反应器 208 中的反应。热传递辅助可以是下列的一个或多个:生物质颗粒的流化床或夹带流、化学惰性颗粒的流化床或夹带流、陶瓷块 (ceramic monolith)、陶瓷管或气凝胶、开放结构填充环 (open structured packed rings)——包括拉西环、网状多孔陶瓷 (RPC) 泡沫、丝网或耐高温材料构成的线材和这些的任意组合。在 SMR208 中,催化衬里 / 涂层可以帮助反应动力学。注意,在生物质汽化器设计中,金属丝网材料也可用于在汽化器管中传递辐射热。

[0037] 实例实施方式的额外方面是 1) 产生合成气的生物质汽化器最后通过甲醇合成反应器 276 连接到下游的甲醇至汽油 (MTG) 设备 282 和 2) 改变 MTG 工艺以将过量的和废弃的甲醇回收到下游的甲醇合成反应器装置 276。MTG 设备 282 具有再循环管以将甲醇回收到下游工艺中。通过从 MTG 工艺绕过或除去甲醇回收部分和将过量的甲醇 / 未转化的甲醇用管道直接输送回甲醇合成反应器来改变 MTG 工艺。因此,来自 MTG 工艺的过量的甲醇直接从再循环管输送到甲醇合成反应器装置 276。MTG 设备 282 产生 LPG 和成品汽油产品,其源自进料到高辐射热通量反应器 214 的生物质颗粒和进料到 SMR208 的基于甲烷的气体。

[0038] 在实施方式中,现场燃料合成反应器,例如 MTG 设备、柴油机燃料设备等,与高辐射热通量反应器和 SMR 反应器在地理上位于相同的位置。此外,现场燃料合成反应器连接在下游以从甲醇合成反应器装置 276 接收甲醇产品在在烃类燃料合成工艺中使用它们以形成液态烃类燃料,基于由供应到甲醇合成反应器装置的合成气组分产生的甲醇的质量,所述液态烃类燃料具有大于 85 的辛烷值。现场燃料合成反应器可以通过管道连接到设备设施的剩余部分,所述管道通常在距离上小于 15 英里。现场燃料合成反应器可以供应多个反馈参数和其他请求至控制系统。例如,现场燃料合成反应器可请求控制系统改变从设备的两个反应器部分出来的合成气的 H₂ 与 CO 比例并且控制系统将这样做。

[0039] 总的来说,与化学组成传感器相互作用的两个控制系统被配置以控制 1) 正进料到高辐射热通量反应器的生物质颗粒的流速变化,2) 提供反馈以改变天然气和蒸汽进入 SMR 反应器的流速,3) 指示一个或多个交流换热加热器以增加它们的到高辐射热通量反应器中的热量输入,4) 指示进入高辐射热通量反应器的蒸汽流量的增加,和 4) 这四种的任意组合。

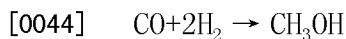
[0040] 在实施方式中,来自自由控制系统维持的生物质气化反应的合成气可具有低于 200mg Nm⁻³ 的总焦油浓度,对于 H₂S、HCL 和 NH₃ 低于 100ppb 的催化剂毒物浓度,并且具有 2.3 到 2.7 的实例范围之内的 H₂:CO 比例。这些组成浓度测量可在汽化器操作期间周期性地通过 FTIR 光谱和气相色谱周期性地,并且在稳态基础上用其他检测器测量。这些参数可供应给控制系统以保证合成气组合物不从期望的组成改变 (+/-10%),以及核实催化

剂毒物浓度不高于甲醇合成催化剂的失活阈值。灰烬测量可每天进行一次或多次并且可进行物料衡算以保证总生物质转化率保持高于阈值目标,并且保证不在反应器内部形成碱沉积。

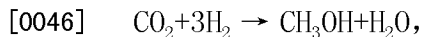
[0041] 在实施方式中,集成的设备也包含生物质颗粒进料系统以研磨、

[0042] 粉碎、剪切和这三种的任意组合处理生物质到控制的粒径为 50 微米 (um) 和 2000um 之间的平均最小尺寸。生物质进料系统可以提供作为颗粒进料至高辐射热通量反应器的多种非食品原料生物质来源。该多种非食品原料生物质来源可包括单独地或以组合的混合物的形式进料的两种或多种类型的生物质。非食品原料生物质来源的一些实例包括稻草、玉米秸秆、柳枝稷 (switch grass)、软木、硬木、非食品麦秸、芒草、果园废料、森林间伐材、林业废料、能源作物 (energy crop)、来源独立的绿色废料和其他类似生物质来源。只要控制一些参数,包括非食品原料生物质的粒径和反应管的操作温度范围,生物质来源可以是在原始状态或部分焙烤状态。

[0043] 集成的设备也包含甲醇合成反应器装置 276。甲醇是具有分子式 CH_3OH 的化学品 (常常缩写为 MeOH)。它是最简单的醇,并且是可燃的燃料并且在常温下可以以液体储存。在甲醇合成反应器装置 276 中的甲醇合成的一个实例中,在供应的合成气中的一氧化碳、二氧化碳和氢气在催化剂上反应以产生甲醇。广泛使用的催化剂是铜、氧化锌和氧化铝的混合物。作为实例,在 5 - 10MPa (50 - 100atm) 和 250°C 下,它可由氧化碳和氢气高选择性地催化甲醇的产生,这根据总反应:



[0045] 甲醇合成每一摩尔一氧化碳消耗 2 摩尔氢气。如果过量的氢气存在单程处理过量的氢气是向甲醇合成反应器中注入二氧化碳,在甲醇合成反应器中,其也反应以形成甲醇,这根据总方程式:



[0047] 可选地,如上所述,甲醇合成过程中的过量的 H_2 可再循环回到 H_2 气体压载罐。

[0048] 在实施方式中甲醇合成单元可以包括标准管壳式鲁奇型甲醇反应器。一般的工艺和操作是熟知的,对于集成的设备有一些改变。该工艺在 4:1 循环比例下操作并且将合成气的 96% 转化为甲醇。该工艺也可在另一个实例下操作,其为 7.5:1 循环比例和合成气转化为甲醇的转化率为 95%。鲁奇型甲醇合成反应器使用具有 $\text{Cu}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂的沸水填充管壳 (boiling water shell packed tube)。反应放出的热可通过反应器的壳一侧的沸水除去。产品甲醇然后经过热交换器以预热原料流和两个额外的热交换器以使温度达到用于分离的合适的水平 (66°C)。产品流然后进入闪蒸塔,在此未反应的合成气可与粗甲醇和水产物分离。吹扫一些未反应的合成气 (因为它包含一些没有被胺系统清除的惰性 CO_2 , 其将在系统中积聚) 并且其可通过一组三个循环压缩机被再压缩。生物质汽化器产生的合成气主要包含氢气、一氧化碳和一些 (~5%) 二氧化碳、甲烷、其他烃类和水。粗甲醇从夹带水产物蒸馏,并且进料到甲醇至汽油 (MTG) 单元 282,在此甲醇被转化为汽油和 LPG。

[0049] 图 2B 图解了反应器和它的相关设备的实例集成工艺流程的实施方式的方框图。在实施方式中,具有超高热通量化学反应器的集成工艺具有包括下列的几个主要的工艺步骤:

[0050] 如讨论,集成的设备也包含原料系统,其进入高热通量化学反应器 814 和 SMR808。

进行化学反应物（一个或多个）制备 860，随后进料到超高热通量化学反应器 814。例如，这可以包括生物质的烘烤、生物质研磨或致密化、运输和卸下、储存和输送 864。图 4 描述了这些工艺步骤上的更多一些细节。

[0051] 使用热源驱动 SMR 以及超高热通量化学反应器 814 中的反应。可以使用蒸汽和交流换热加热器的结合作为实例热源。

[0052] 每一组交流换热燃烧器可以如下工作。交流换热使用一对燃烧器，其循环以交替地加热燃烧空气或回收和储存来自炉排放气体的热。当一个交流换热燃烧器正在点燃时，另一个排出炉气体。排放气体经过交流换热燃烧器主体并进入介质箱，其包含耐火材料。耐火介质被排放气体加热，因此从烟道产物回收和储存能量。当填料床被充分加热时，当前点燃的交流换热燃烧器关闭并且开始排出烟道产物。具有热填料床的交流换热燃烧器开始点燃。燃烧空气经过填料床并被热耐火材料加热。获得了华氏 300 度 - 华氏 500 度之内的炉温的空气预热温度，产生异常高的热效率。

[0053] 在太阳能实施方式中，多种定日镜领域设计和操作驱动高辐射热通量。一些实例设计可以包括太阳能聚光器、二次聚光器、聚焦镜阵列 (focused mirror array) 等以驱动高辐射热通量反应器 814。

[0054] 生物质颗粒在高辐射热通量反应器 814 中热分解为灰烬、合成气组分和其他产物。

[0055] 在例如 868 可以提供从生物质高辐射热通量反应器 814 骤冷、气体清洁和除灰。除了废热之外一些非典型 (non-pilot) 合成气可以离开系统，它们可在 872 回收。一些气体可能是废品，而在储存 878 或例如甲醇合成 876 之前其他气体可被压缩 874。然后储存 880 甲醇用于随后的甲醇到汽油的转化 882。

[0056] 在一个实施方式中，来自高热通量化学反应器 814 的出口气体在骤冷 809 之前可以进料给 SMR808。在另一个实施方式中，气体可以进料给 SMR 而一些量在 868 中骤冷、气体清洁和除灰。而又另一个实施方式可能组合地做这些。因此，在生物质气化中产生的甲烷 (CH₄) 可与合成气组分一起供应以进料 SMR 反应器。

[0057] 高辐射热通量反应器中的化学反应发生后，然后发生快速冷却以捕获分子状态的反应产物。骤冷区 809 紧接着位于高辐射热通量反应器 114 的下游，以通过快速冷却离开高辐射热通量反应器 114 的反应产物的至少氢气和一氧化碳以立即骤冷。这在骤冷后 10 秒内获得了 800 摄氏度或更低的温度，该温度在减少生物质颗粒的灰烬残留物聚结和一氧化碳和氢气重整反应为较大分子的水平以下。冷却通常优选等于或小于 400 摄氏度在离开高辐射热通量反应器 114 的 10 秒之内发生。在高辐射热通量反应器 114 的反应管中的气化反应区的出口，多个反应管的两个或多个在出口处形成一组，并且该组组合它们的反应产物和来自生物质气化的未反应的颗粒进入每组较大的管，其形成骤冷区的一部分。较大的管内部的一个或多个喷雾器将冷却液直接注射进反应产物合成气流以使温度在 0.1-10 秒内从至少 900 摄氏度出口温度转变到低于 400 摄氏度，以防止管壁的金属粉末化腐蚀。

[0058] 存在于生物质气化过程或最初引入骤冷区的脱硫吸附剂减少了存在于离开气体清洁部分 868 中骤冷区的合成气流中的硫的量。一个或多个热颗粒过滤以从离开骤冷区的合成气流清除颗粒状物，在此，颗粒状物被送到盛灰烬容器 (ash-holding vessel)。将来自化学反应的产物供应到下游化学合成设备。

[0059] 在实施方式中,来自甲醇合成反应器装置的吹扫环 (purge loop) 的氢气再循环进入合成气组分进料。氢气循环回到 1) 甲醇合成反应器装置的抽吸装置、2) 压载罐,以储存于压载罐中、3) 加热单元,作为燃料进料到一个或多个交流换热燃烧器或蒸汽加热器和 4) 这三种的任意组合。此外,接下来,从甲醇合成 876 回收的甲烷 (CH₄) 可以供应回 SMR。这提供了处理在生物质气化过程中产生的甲烷的方法。SMR 重整器然后可以使用甲醇吹扫流上的催化剂以转化吹扫的 CH_x 气体为合成气或 H₂。这可改进由甲醇合成反应器产生的甲醇 (CH₃OH) 的产量和分子量。可以设计甲醇提纯反应器以提供燃料级甲醇到 MTG 单元。这形成了更多的碳信用额 (carbon credit)。在实例实施方式中,单塔式蒸馏系统 (one tower distillation system) 可以与甲醇合成反应器一起使用。

[0060] 在实施方式中,汽油由集成的设备产生。在多个其他实施方式中,合成气可以进料给另一个技术应用。实例包括合成气到其他化学品转化过程。产生的化学品的其他化学品可包括液化燃料例如交通液化燃料。一些交通液化燃料包括喷气燃料、DME、汽油、柴油和混合醇、具有高捕获量的碳的生物质焦;化工生产、发电、合成天然气生产、加热用油生产和其他类似的基于合成气的技术应用。在实例中烃基燃料例如甲醇 876 可由合成气形成。甲醇可被进一步转化为汽油或其他燃料 882,并且各种产品可以从汽油 884 或合成气中分离出来。这些产品例如汽油然后可以储存作为能源用于随后的用途。

[0061] 如果中间化学品由超高热通量化学反应器产生,则该得到的产物可以进料到集成设备的其他过程中。例如,合成气可以进料到技术应用。这些技术应用包括合成气到交通液化燃料例如喷气燃料、DME、汽油、柴油、甲醇和混合醇、具有高捕获量的碳的生物质焦;化工生产、发电、合成天然气生产;加热用油生产和其他类似的基于合成气的技术应用。

[0062] 参见图 1,在实施方式中,可以使用一个或多个热传递辅助以加热化学反应物气体。热传递辅助可以是以下生物质粒状物流和/或位于高辐射热通量反应器中的每一个反应管内部的结构化填料中的流动的颗粒状物的一个或多个。这些热辐射吸收材料充当热传递辅助,其可用于反应管中以增加到反应气体和其他材料(以 20-50 倍于常规气相化学反应器的热通量操作)的热传递。对于从反应管壁的热传递辅助,辐射是热传递的主要方式,传导、对流或二者的一些结合是从腔体壁和反应管热传递的次要方式。此外,SMR 反应器中的反应的热传递辅助包括以下的一个或多个:(1) 生物质颗粒的流化床或夹带流、(2) 化学惰性颗粒的流化床或夹带流、(3) 陶瓷块、(4) 陶瓷管或气凝胶、(5) 开放结构填充环,其包括 (a) 拉西环、(b) 丝网、(c) 网状多孔陶瓷 (RPC) 泡沫或 (d) 耐高温材料构成的线材。SMR 反应器也可包括催化衬里以辅助反应动力学。

[0063] 注意,反应管提供双重功能 1) 将生物质气化反应环境与接收器腔体的气氛分开和 2) 通过辐射吸收和热辐射、对流和传导传递能量到生物质的反应颗粒以驱动流过反应管的生物质颗粒的吸热气化反应。反应管和腔体壁的高传热速率允许生物质的颗粒达到足够高的温度,所述温度是破坏大量焦油和大于 90% 的生物质颗粒在 0.01 和 5 秒的范围内的非常短停留时间内气化为包括氢气和一氧化碳气体的反应产物所必需的。

[0064] 高操作温度驱动的超高热通量可适合驱动多种商业上期望的反应,包括:生物质气化;煤气化;甲烷蒸汽重整;干燥甲烷重整 (Drymethane reforming); 乙烯热解、二氯乙烷裂解(热解);石油脑裂解、乙烷裂解;通过甲烷裂解生产碳黑;通过金属铁酸盐氧化还原反应循环生产氢气;和其他类似的反应。

[0065] 注意,生物质气化是吸热过程。必须向该过程中输入能量以驱动它向前。典型地,这通过部分氧化(燃烧)生物质本身来进行。必须消耗 30%和 40%之间的生物质以驱动该过程,并且在该过程通常限于的温度(因为效率原因),转化率典型地被限制,给出更低产量。标准气化过程的典型的理论汽油产量是 50 加仑汽油/每吨生物质。超高热通量高辐射热通量反应器 114 工艺使用外部能源(例如集中的太阳能)以提供反应需要的能量,因此不需要消耗生物质以实现转化。这导致高的多的产量(每吨 100 加仑汽油)。因为用于驱动转化的能量来源是可再生的并且不含碳,(在集中的太阳能的情况下)它是符合碳信用额的和/或在将来不会不利地受到碳处罚的影响。

[0066] 图 3 图解了装入错位和交错的反应管的接收器腔体的实施方式的剖视图。热接收器 306 具有带有内壁的腔体。热接收器 306 的腔体壁相对于反应管 302 的辐射驱动的几何结构将化学反应器的多个管 302 定位为在接收器 306 内部错位且交错的布置。腔体壁的面积大于反应管 302 占用的面积以允许辐射从多个角度到达管 302 上的区域。接收器 306 腔体的内壁和反应管 302 主要通过辐射与充当辐射的再发射器(re-emitters)的壁和管 302 交换能量以获得到达所有管 302 的高辐射热通量,并且因此,避免屏蔽和阻塞辐射到达管 302,允许反应管 302 获得从反应管 302 中反应区的开始到结束的相当均匀的温度分布。

[0067] 因此,反应管 302 和腔体壁的几何结构用下列形成入射辐射的分布:1) 交错和错位管 302,其与下面 2) 结合、2) 与装入的管 302 占有的面积相比大直径腔体壁,和,此外 3) 与多个反应管几何布置相对于几何结构所在的彼此之间的管间辐射交换结合。壁由高度反射辐射或吸收和再发射辐射的材料制成。入射辐射的分布的形成使用接收器 306 腔体内的辐射的反射和吸收二者。因此,热接收器 306 的内壁与辐射分布器对齐并充当辐射分布器,其通过 1) 吸收和再发射辐射能、2) 高度地反射入射辐射到管 302 或 3) 这些的任意组合,以保持装入的超高热通量化学反应器的操作温度。来自 1) 腔体壁、2) 直接来自交流换热燃烧器和 3) 来自充当辐射的再发射器的其他管的外壁的辐射被反应管 302 吸收,并且然后热通过传导转移到反应管 302 的内壁,在此,在 900 摄氏度和 1600 摄氏度之间并且优选高于 1100 摄氏度的温度下热辐射到反应颗粒和气体。

[0068] 如讨论的,接收器 306 腔体的内壁和反应管 302 主要通过辐射而不通过对流或传导彼此交换能量,即使通常较低温度的生物质颗粒和夹带气体从第一入口点进入反应区中的反应管 302 并且穿过加热的腔体以在第二出口点离开反应区,这也允许反应管 302 获得相当均匀的温度分布。来自内壁和反应管 302 的此辐射热传递驱动化学反应并引起化学反应物的温度迅速升高到接近离开反应器的出口的产物和其他排放物材料的温度。

[0069] 每一个反应管 302 的气化反应区的长度和直径尺寸制成在至少 900 摄氏度的气化温度下给出 0.01 秒到 5 秒的非常短的停留时间,和具有在多个反应管 302 中的气化区的出口。来自气化区的出口的反应产物具有等于或超过 900 摄氏度的温度,并且化学反应器设计中的多个反应管 302 增加了用于与生物质颗粒辐射交换以及管间辐射交换的可用的反应器表面积。具有形成的稳定灰烬形成的分散的落下生物质颗粒状物的迅速气化在小于 5 秒的停留时间内在反应管 302 中的反应区内发生,导致焦油完全改良到小于 500 毫克每标准立方米,并且生物质到产生氢气和一氧化碳产物的转化率为至少 90%。

[0070] 该设计减小了反应管 302 和炉内部需要的表面积,因此减小了炉腔的尺寸、重量和成本(尺寸 & 重量对于塔式(tower-mounted)太阳能应用以及其他应用是重要的)。

[0071] 该操作的温度——用 1200°C 和 1450°C 之间的壁温和超过 900°C 但不高于二氧化硅熔化温度 (1600°C) 的出口气体温度清楚地描绘——在气化中不常见, 并且在间接 (循环流化床) 气化中当然不存在。可在超高热通量化学反应器中进行的实施生物质的共气化和天然气的蒸汽重整的潜能不可在部分氧化汽化器中进行 (因为甲烷会优先燃烧)。

[0072] 图 4 图解了供应载气中的生物质颗粒到化学反应器的夹带流生物质进料系统的实施方式。

[0073] 夹带流生物质进料系统 620 可包括加压的闭锁料斗对 624, 其将生物质进料到旋转计量进料螺杆 622 并且然后在闭锁料斗对的出口 626 进入夹带气体管。生物质的颗粒通过分流器 627 被分配到多个夹带气体管线以进料到组成化学反应器的两个或多个反应管。

[0074] 在实施方式中, 高热通量反应器和相关的集成系统也可包括具有一个或多个闭锁料斗对 624 的夹带流生物质进料系统 620, 所述闭锁料斗对 624 装配有同时进料加压的夹带气体管线中的生物质的颗粒到化学反应器的两个或多个管的单个多出口进料分流器 627。

[0075] 高热通量反应器和相关的集成系统也可包括研磨系统 623 和烘烤单元 628。烘烤单元将生物质暴露到较低温度 600 摄氏度以及更低以热解生物质。研磨系统 623 具有为下列至少之一的研磨装置: 1) 机械切割装置、2) 剪切装置、3) 制粉装置和 4) 这些的任意组合, 其使生物质裂开, 以及夹带流生物质进料系统中的一系列带孔的过滤器。通常用于研磨生物质的设备包括冲击研磨机 (例如锤式粉碎机)、磨碎机和动力学分解磨 -KDS (kinetic disintegration mills-KDS) (例如连枷磨 (flail mills))。锤式粉碎机系统、KDS 或类似系统可用于研磨捆 (传送带装载的) 为颗粒, 其将被进料到辐射热通量热汽化器。研磨装置和带孔的过滤器研磨来自烘烤单元 628 的部分热解的生物质以控制生物质的粒径。研磨的颗粒具有直径 500 微米 (um) 和 1000um 之间的平均筛孔尺寸, 并且被装载到具有标准带式输送机或具有正或负压气动输送系统的筒仓中。研磨的颗粒也可具有 1 微米 (um) 和 1000um 之间、1 微米 (um) 和 200um 之间、1 微米 (um) 和 2000um 之间和多个组合的平均筛孔尺寸。生物质的单根纤维可以例如具有大约 3 微米的平均尺寸。夹带流生物质进料系统是灵活的原料, 以便能够供应多种不同类型的生物质, 而不经至少生物质的粒径控制改变进料或反应过程, 并且化学反应的能量来源来自外部来源, 而不是燃烧生物质本身。烘烤单元 628 在地理上与超高热通量化学反应器位于相同的地点, 并且其被配置以用从化学反应回收的至多 300 摄氏度的温度范围的废热使生物质经受部分热解以使生物质 1) 易碎并易于研磨、2) 更干、粘性更小并且易于在输送系统中进料、3) 作为烘烤的生物质在储存中经受较少的腐败问题, 以及 4) 从烘烤过程产生废气。烘烤单元 628 供应部分热解的生物质到研磨系统 623。部分热解的生物质的烘烤减少了研磨装置研磨生物质到控制的粒径需要的能量。来自烘烤生物质的废气可用于下列的一个或多个: 1) 夹带载气、2) 蒸汽产生的能量来源、或 3) 用于燃气交流换热燃烧器的气体。

[0076] 能够使用多种类型的生物质而不重新设计进料和反应器过程的原料灵活性清楚地给出了限于一个或一些可利用的原料的过程上的经济优势。通过用辐射能 (其对颗粒再辐射) 加热反应管, 消除了反应放热和设计进行反应的反应器的问题 (本质上是吸热 / 放热平衡问题)。

[0077] 图 5 图解了配置以产生包括合成气产物的化学产物的辐射热化学反应器的实施方式的流程示意图。多个壳辐射热化学反应器 514 包括具有带有内壁的环形腔体的耐火容

器 506。辐射热化学反应器 514 具有两个或多个由固体材料制成的辐射管 502。一个或多个辐射管 502 位于耐火材料衬里的容器 506 的腔体内部。

[0078] 放热的热源 510 加热管 502 内部的空间。因此,用放热的热源 510——例如交流换热燃烧器——在管 502 的每一个末端从内部加热每一个辐射管 502。用来自交流换热燃烧器的火和气体通过热插入入口在管 502 的每一个末端和潜在地通过一个或多个位于两个端点之间的热插入端口从内部加热每一个辐射管 502。一个或多个天然气点燃的交流换热燃烧器 510 的火焰和加热的气体充当供应到多个辐射管的在 900° C 和 1800°C 之间温度下的放热的热源,并且与辐射管 502 的两端连接。每一个管 502 可由 SiC 或其他类似的材料制成。

[0079] 一个或多个进料管线 542 供应生物质和反应物气体到化学反应器 514 的顶部或上部。在耐火材料衬里的容器 506 里,生物质颗粒和蒸汽的进料管线 542 进入在内部被加热的辐射管 502 的入口点的下面。进料管线 112 配置以供应化学反应物,其包括 1) 生物质颗粒、2) 反应物气体、3) 蒸汽、4) 热传递辅助颗粒或 5) 所述四种的任一种,进入辐射热化学反应器。由辐射热驱动的化学反应在具有内部火的多个辐射管 502 外部发生。由辐射热驱动的化学反应在耐火材料衬里的容器 506 的腔体内壁和一个或多个辐射管 502 的每一个的外壁内发生。

[0080] 化学反应可以是吸热的反应,其包括下列的一个或多个:1) 生物质气化 ($C_nH_m + H_2O \rightarrow CO + H_2 + H_2O + X$)、2) 和使用辐射热在辐射热化学反应器 514 中进行的其他类似的烃分解反应。蒸汽 (H_2O) 与碳的摩尔比在 1:1 到 1:4 的范围内,并且温度足够高使得反应在没有催化剂存在时发生。

[0081] 用作原料进入辐射热反应器设计的烘烤的生物质颗粒具有以下有益效果:通过将辐射更有效的热传递到夹带气体的颗粒增加并能够维持超过 1300 摄氏度的过程气体温度;对于进料的给定量的生物质,增加了汽化器的一氧化碳和氢气的合成气组分产生的产量;和通过降低焦油和 C_2+ 烯烃的产生改进了工艺卫生。辐射热反应器的控制系统使从反应器的表面转移的辐射热与生物质颗粒的流速相匹配以产生以上益处。

[0082] 控制系统控制燃气交流换热燃烧器 510 以供应热能到化学反应器 514 以帮助引起辐射热驱动化学反应器具有高热通量。化学反应器 514 的内表面是对齐的以便:1) 吸收和再发射辐射能、2) 高度反射辐射能和 3) 这些的任意组合,以维持封闭的超高热通量化学反应器 514 的操作温度。因此,耐热容器的腔体内壁和一个或多个管 502 的每一个的外壁发射辐射热能到,例如,生物质颗粒和出现落在给定管 502 的外壁和耐热容器的内壁之间的任何其他热转移辅助颗粒。耐火容器因此经管 502 吸收或反射从沿着耐火容器的顶部或底部放置的交流换热燃烧器 510 集中的能量以通过热辐射和反射引起能量运输,以通常运输该热通量到生物质颗粒、热传递辅助颗粒和化学反应器内部的反应物气体。耐热容器的腔体的内壁和多个管 502 通过吸收太阳能辐射和将它再辐射到热转移辅助颗粒或将入射辐射反射到热转移辅助颗粒而充当辐射分布器。辐射热化学反应器 514 使用超高热通量和主要通过辐射传热并不通过对流或传导驱动的高温。

[0083] 图 6 图解了具有相互作用的多个控制系统的集成的多区生物炼制设备的实施方式的图。在此系统中,可提供辐射热能到化学反应器 714。在此实例中,可通过两组或多组燃气交流换热燃烧器 710 加热化学反应器。

[0084] 夹带载气系统为进料系统中的生物质的颗粒提供载气到化学反应器。其他化学反应物、热传递辅助颗粒、氧气和 / 或蒸汽也可被运输到辐射管。如图解的, 化学反应物——包括生物质颗粒——可以流入化学反应器 702 并且合成气流出 712。骤冷单元 709 可用于迅速冷却反应产物和防止逆反应成为较大分子。

[0085] 计算机化控制系统可以是彼此相互作用的多控制系统。高辐射热通量反应器的计算机化控制系统被配置以发送进料需求信号到进料系统以基于控制信号和测量的化学反应器的温度控制下列的量: 1) 待将生物质颗粒进料到化学反应器的辐射管系列、2) 气体点燃的交流换热燃烧器的供热量、3) 特定气体点燃的交流换热燃烧器的供热速率、和 4) 这些的任意组合。控制系统可以依赖反馈参数以及前馈参数, 所属反馈参数包括反应器的温度, 所述前馈参数包括从燃烧器进入的热的预期变化和经过辐射管 702 的化学反应物和载气的量的变化放出的热的预期变化。

[0086] 通常, 控制系统维持的辐射管和腔体壁的高传热速率允许生物质的颗粒获得在非常短的 0.01 和 5 秒的范围之间的停留时间内破坏大量焦油和气化 90% 以上的生物质颗粒为包括氢气和一氧化碳气体的反应产物所需的足够高的温度。

[0087] 基于到控制系统的温度传感器反馈, 汽化器反应器控制系统保持化学反应器中的反应温度足够高以避免对引起化学反应器中发生的化学反应的任何催化剂的需求, 但是允许处于或接近出口的温度足够低以使卫生试剂供应管线注入卫生试剂以通过从得到的产物气体除去不期望的组分来清洁所得的产物气体, 促进额外的反应以提高产量, 和此二者的任意组合, 这些都同时保持化学反应器的出口温度大于 900 摄氏度以避免离开化学反应器的产物中的焦油形成。

[0088] 汽化器反应器控制系统可以被配置以基于来自温度传感器的反馈保持化学反应器反应温度内的温度处于至少 1200 摄氏度, 以消除对用于化学反应的催化剂的需求, 以及过度驱动包括甲烷蒸汽重整和乙烷蒸汽重整的吸热反应, 其为限制平衡的; 并且从而提高相同摩尔量的反应物原料的平衡特性, 以增加所得气态产物的产量和反应物原料的处理量。

[0089] SMR 控制系统 721 与 SMR 相互作用以改变通过 SMR 反应器的基于甲烷的气体和蒸汽的流动以控制产生的合成气组分的体积。

[0090] SMR 反应器控制系统与汽化器反应器控制系统相互作用以供应高质量甲醇合成所需的合成气组分进料的适当的氢气与一氧化碳的比例, 其为 2:1 到 3:1 的氢气与一氧化碳的比例, 并且优选 2.3 到 3.0:1 的比例。连接在 SMR 反应器和高辐射热通量反应器下游的甲醇合成反应器装置接收来自 SMR 反应器的合成气组分的第一流和来自高辐射热通量反应器的合成气组分的单独的第二流。SMR 反应器控制系统基于来自第一和第二组化学组成传感器的化学组成反馈与汽化器反应器控制系统相互作用以产生用于甲醇合成的高质量合成气混合物。

[0091] 烘烤单元的控制系统的、催化转化器和生物质汽化器控制进入甲醇合成反应器的合成气的比例和含量并与集成设备中的其他控制系统相互作用。

[0092] 反应器和液体燃料设备 720——例如甲醇转化为汽油合成设备——的控制系统可以具有化学反应器和液体燃料设备——例如甲醇设备——之间的双向通信。例如, 当管的子集为了维护或因为故障需要被调整出来时, 则集成设备可继续操作, 具有增加生物质和

夹带气体流过化学反应器以保持用于转化为液体燃料的稳定的合成气产量。改变辐射管中的夹带气体压力也可用于增加 / 降低生物质和经过管的气体的热沉效应。

[0093] 如果热源是太阳能热源, 控制系统具有建立以忍受合成气操作的瞬变流动的算法和操作例程。

[0094] 控制系统可以经由一些机制控制发生在反应管内的化学反应。例如, 控制化学反应物——例如生物质颗粒和载气——进入和通过反应管的流速, 以及流过反应管的每一种反应物的浓度。控制系统可以单独控制每一个反应管, 或以例如十八个管的簇的集合 / 组或所有的管整体来控制。

[0095] 其次, 控制系统的多个算法和过程可以以计算机可执行的指令的一般语境描述, 例如计算机执行的程序模块。通常, 程序模块包括执行特定任务或实施特定抽象数据类型的例程 (routines)、程序 (programs)、对象、部件、数据结构等等。本领域技术人员可以实施本文的描述和 / 或数字作为计算机可执行的指令, 其可在下面讨论的任何形式的计算机可读介质上实施。通常, 程序模块可以实施为软件指令、电子硬件的逻辑块和二者的结合。硬件部分可以存储在机器可读介质上并且可以以许多程序设计语言例如 Java、C++、C 等等写入。机器可读介质可以是硬盘驱动器、外部驱动、DRAM、磁带驱动器、记忆棒等等。因此, 元件部分, 例如事务管理等可以专门由硬件逻辑、与软件相互作用的硬件逻辑或单独软件组装。

[0096] 以上详细描述的一些部分以计算机存储器内数据位上的操作的算法和符号表示法的形式出现。这些算法的描述和表示法是数据处理领域的技术人员使用的方法以向本领域其他技术人员最有效地表达他们工作的实质。在这里并且通常算法被构思为引起期望的结果的自相一致的步骤序列。步骤是需要物理量的物理操作的那些。通常, 虽然不必须, 但是这些量采取能够被存储、转移、结合、比较和其他方式被操作的电或磁信号的形式。主要因为共同使用, 参考这些信号为二进制数字、值、元素、符号、特征、术语、数字或类似物已经被证明有时是方便的。这些算法可以以许多不同的软件程序设计语言被写入。另外, 算法可以用软件中的代码行数、软件中配置的逻辑门或二者的结合被实施。

[0097] 然而应当记住, 所有的这些和类似的术语与合适的物理量有关, 并且仅仅是应用到这些量的方便标签。除非以其他方式具体陈述, 从以上讨论明显的是, 领会到贯穿说明书, 利用术语例如“处理 (processing)”或“计算 (computing)”或“计算 (calculating)”或“确定 (determining)”或“显示 (displaying)”或类似的讨论, 指的是计算机系统或类似的电子计算装置——其将表示为计算机系统的寄存器和存储器中的物理 (电子) 量的数据操作和转换为类似地表示为计算机系统的存储器或寄存器中的物理量的其他数据——或其他这种信息存储、传输或显示装置的动作和过程。

[0098] 虽然已经示出了本发明的一些具体实施方式, 但是本发明不限于这些实施方式。例如, 从多个装置过程回收的废热可用于预热燃烧空气, 或可用于其他类似的加热方法。交流换热气体燃烧器或传统燃烧器可用作炉的热源。辐射热的来源可以是下列的一个或多个: 1) 太阳能、2) 燃气交流换热燃烧器、3) 核能、4) 电加热器和 5) 这四种的任意组合。高辐射热通量反应器可用作生物质汽化器, 但是其他类型的生物质汽化器也是可用的。高辐射热通量反应器可用于本文讨论的化学工业的任何方面中的任何类型的吸热反应。可以使用除了辐射热化学反应器的生物质汽化器反应器。甲烷蒸汽重整可以是 / 包括 SHR (蒸汽

烃重整装置),其裂解包括烃(烷烃、烯烃、炔烃、芳族化合物、呋喃、酚类、羧酸、酮类、醛类、醚类等等)的短链烃($<C_{20}$),并且将其氧化为合成气组分。本发明应当理解为不限于本文描述的具体实施方式,而只由权利要求的范围限制。

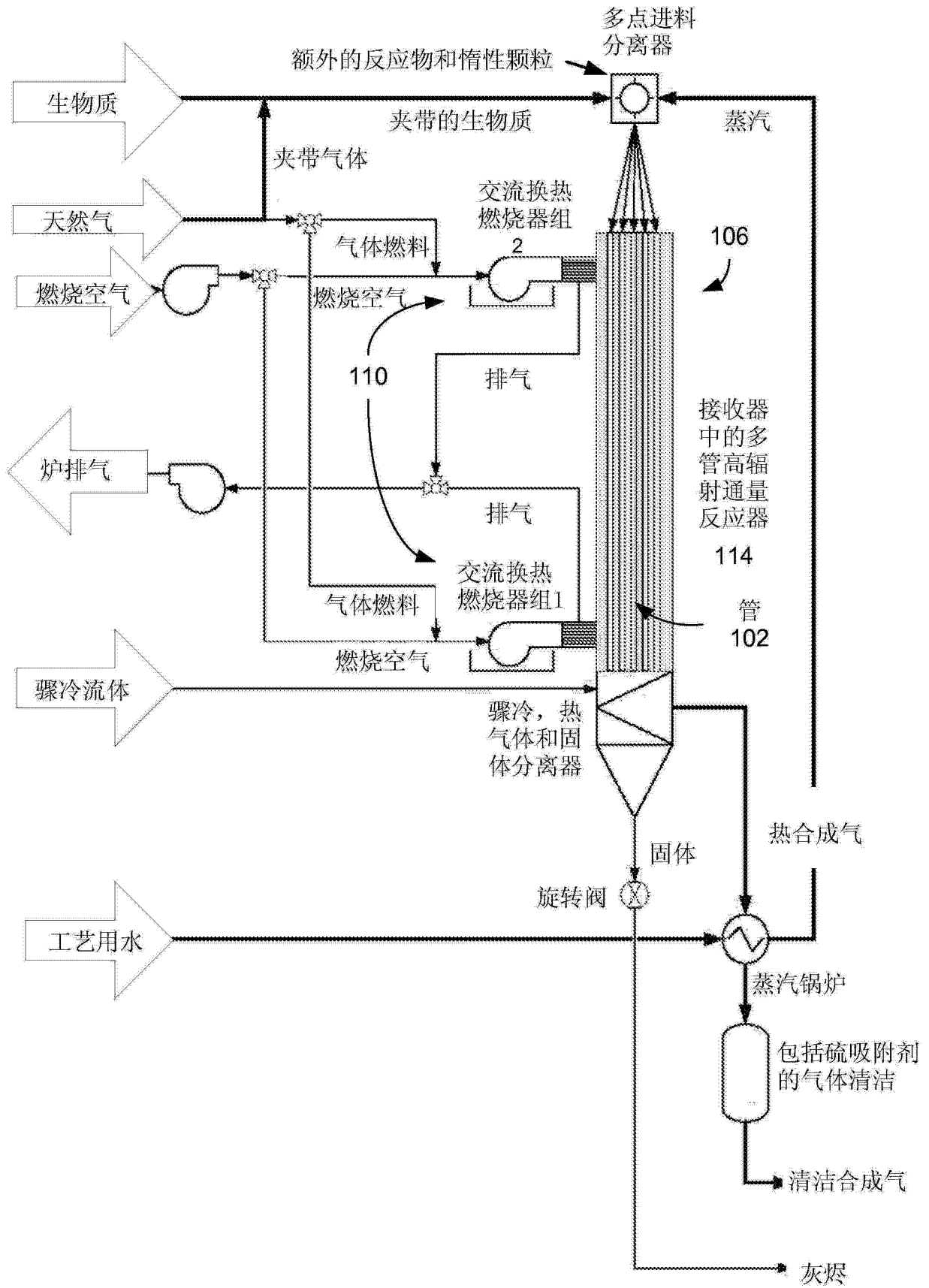


图 1

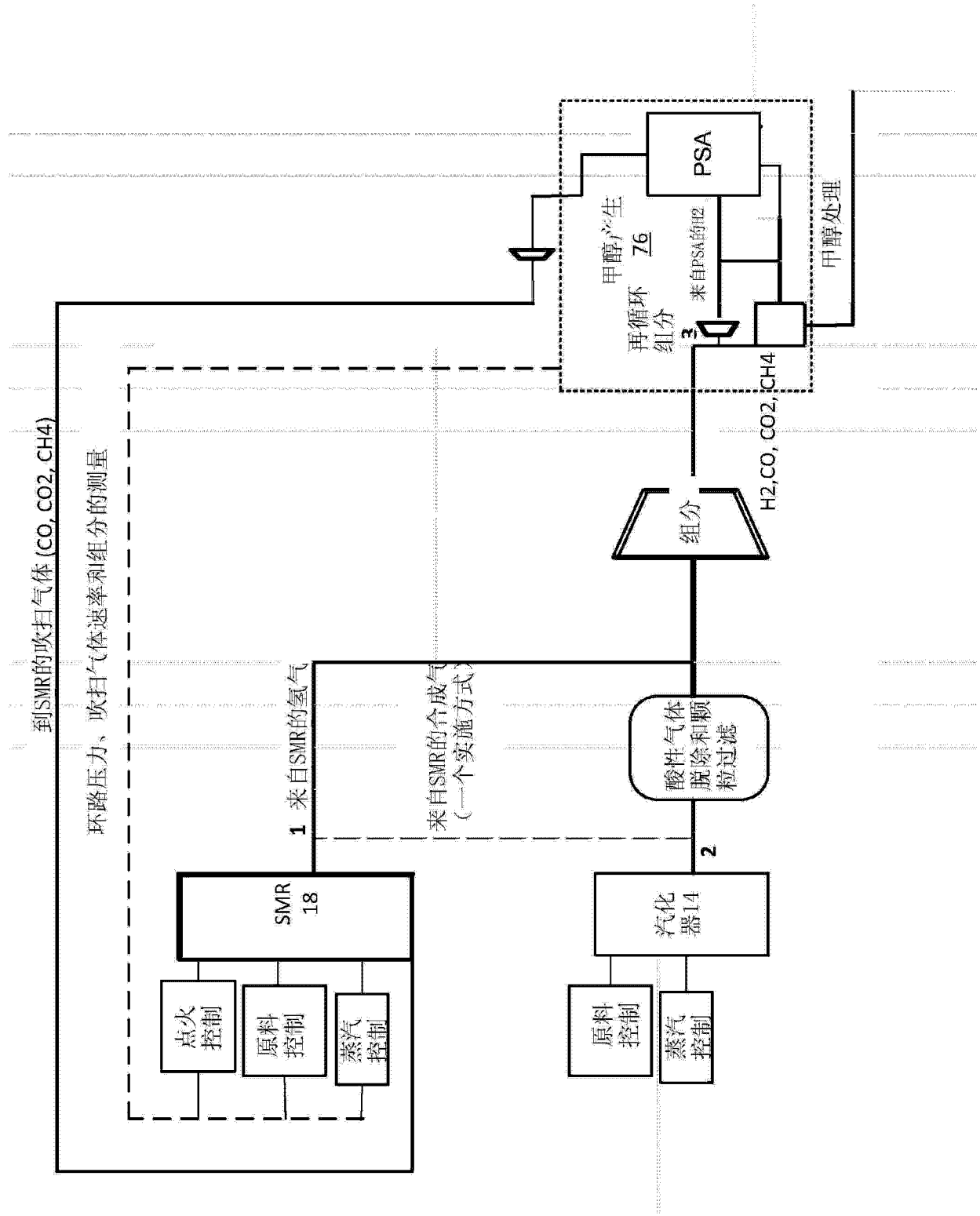


图 2A

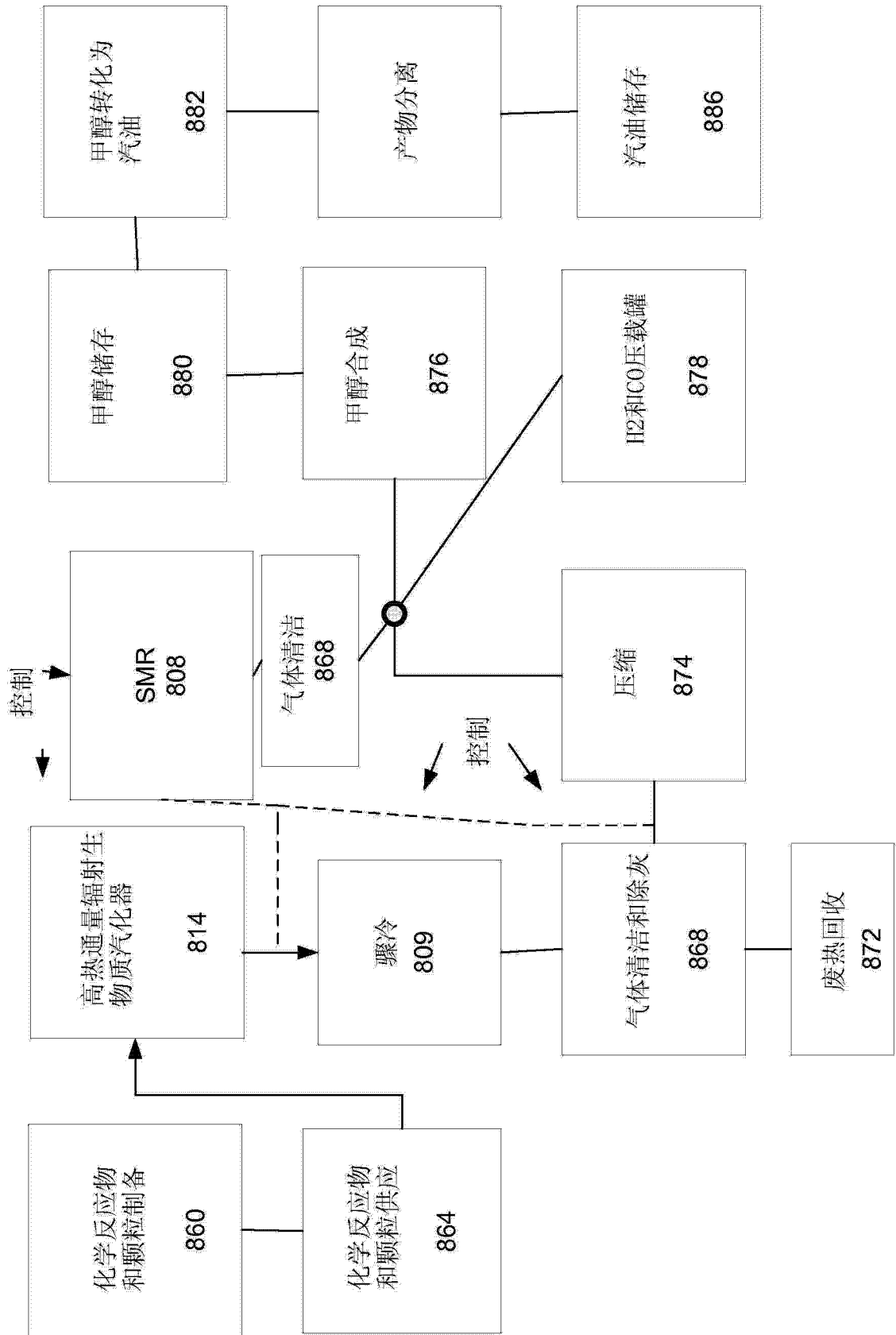


图 2B

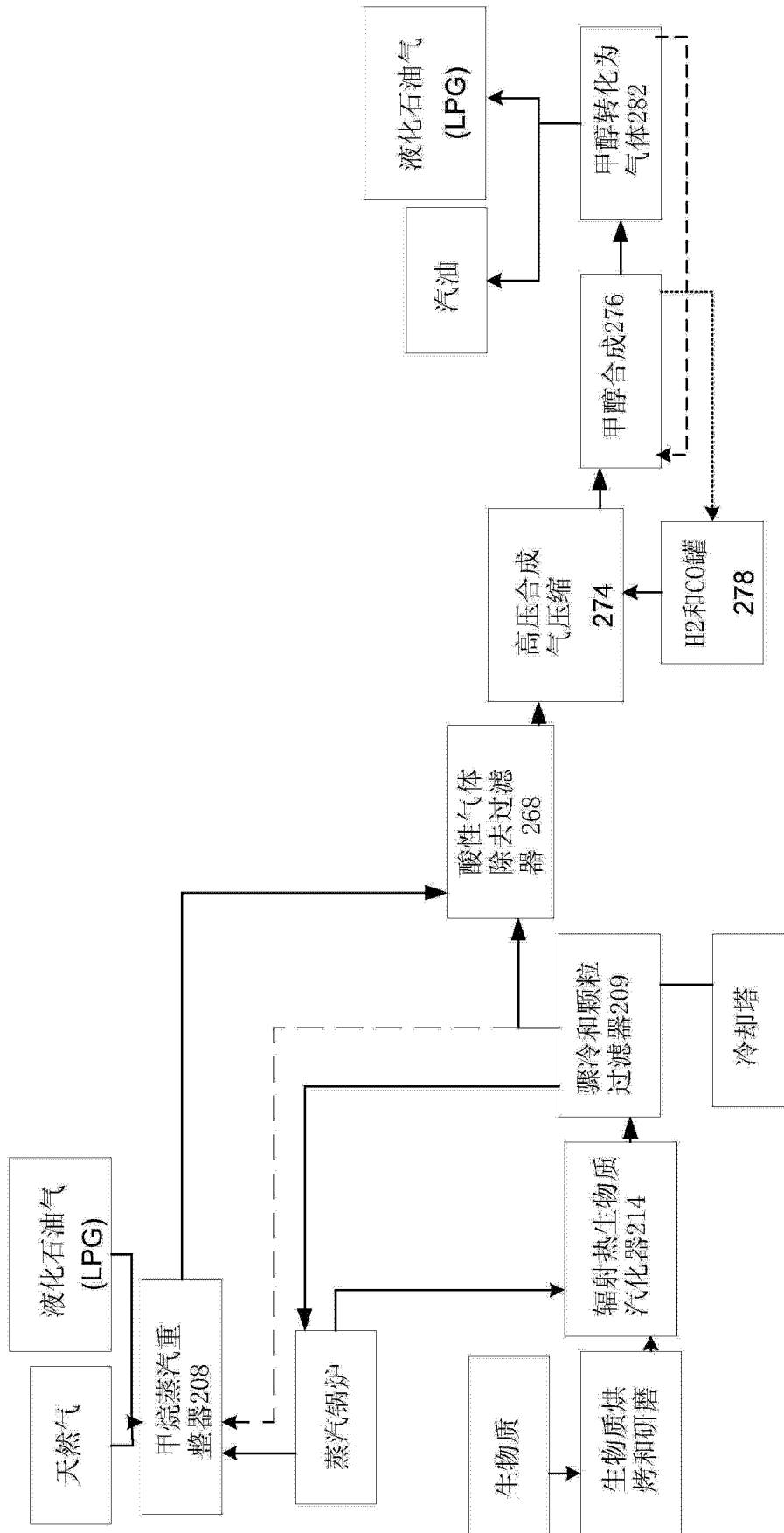


图 2C

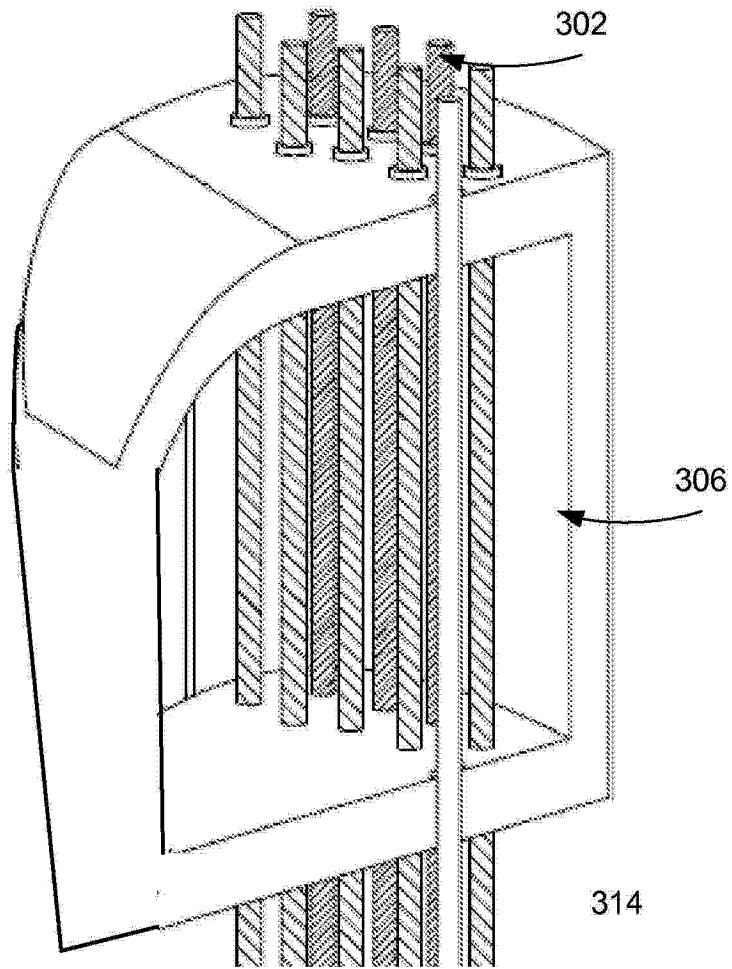


图 3

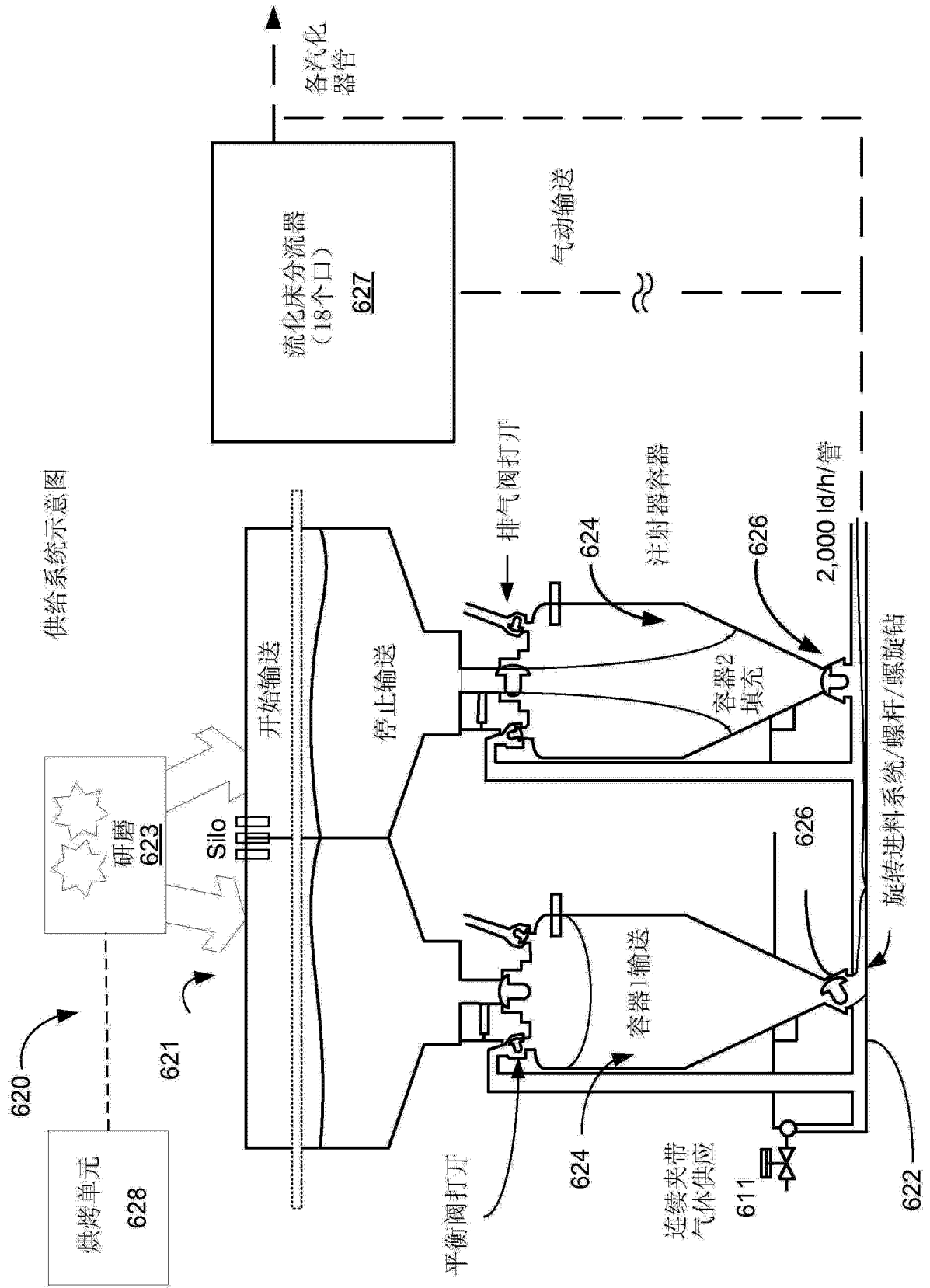


图 4

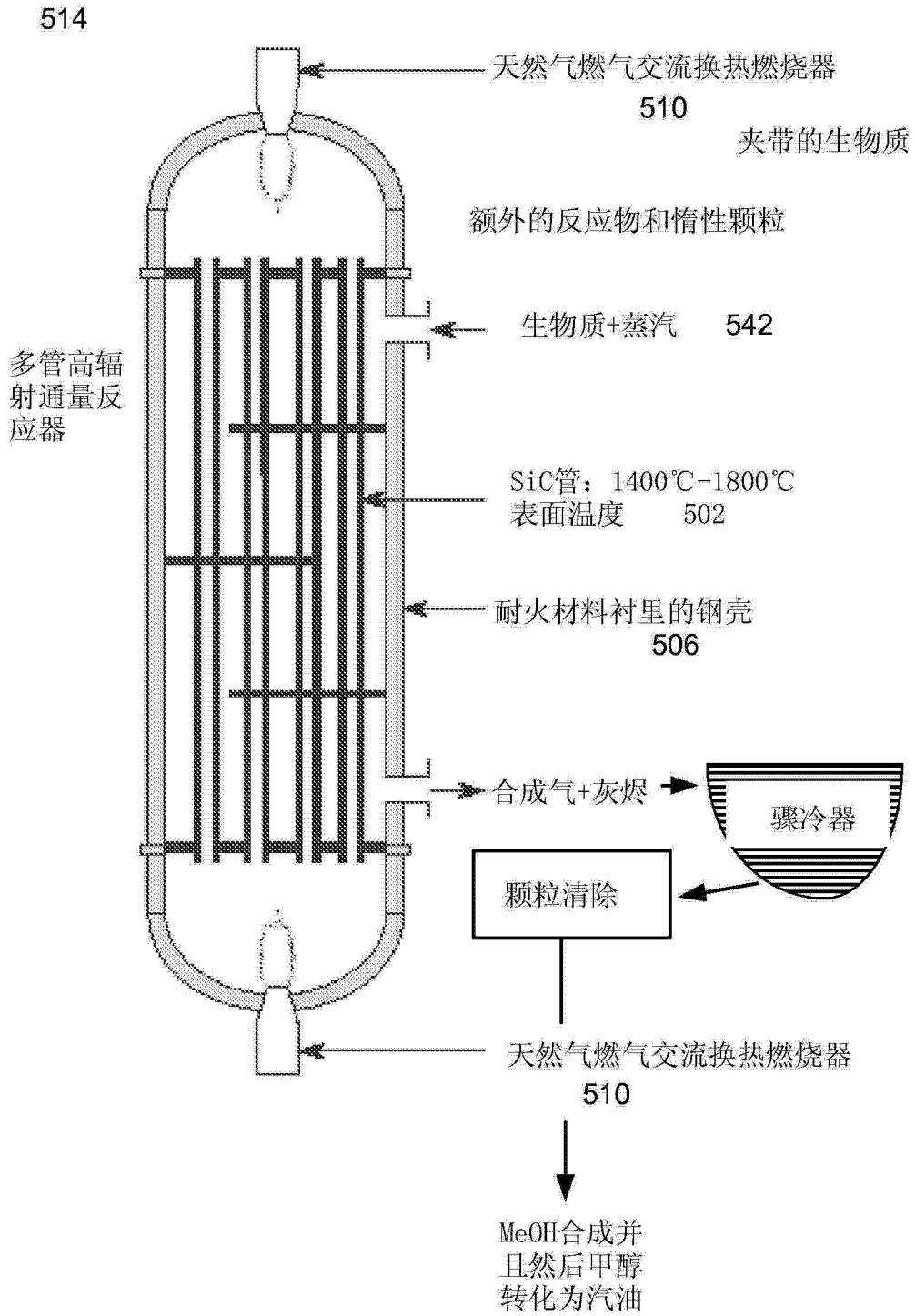


图 5

