



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110127612 A

(43)申请公布日 2019.08.16

(21)申请号 201910357492.2

C01B 3/56(2006.01)

(22)申请日 2013.07.19

(30)优先权数据

61/675,041 2012.07.24 US

(62)分案原申请数据

201380049444.8 2013.07.19

(71)申请人 努威拉燃料电池有限责任公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 达瑞尔·波利卡

斯科特·布兰切特 治江·李

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限

公司 44102

代理人 李珊珊

(51)Int.Cl.

C01B 3/50(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

分布式氢气提取系统

(57)摘要

提供了一种氢气提取系统。该提取系统可以包括用于压缩包括氢气的气体混合物的压缩机和用于接收压缩后的气体混合物的脱硫单元。该系统还可以包括用于接收硫含量减少的气体混合物的氢气提取装置和用于接收所提取的氢气的氢气储存装置。还提供了一种从包括天然气和氢气的气体混合物中提取氢气的方法,和确定能源价格的方法。

1. 一种从包括天然气和氢的气体混合物中提取氢的方法,该方法包括:
压缩气体混合物,以生产压缩后的气体混合物;
除去包含在压缩后的气体混合物中的硫,以形成富硫流和硫含量减少的混合物;
直接从脱硫单元在氢气提取单元接收该硫含量减少的混合物;
除去包含在直接从脱硫单元接收的硫含量减少的混合物中的至少部分氢,以形成贫氢混合物和氢气;以及
将氢气供应至氢储存装置。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
从网络中接收气体混合物;
将贫氢混合物与富硫流混合,以形成加硫混合物;以及
将加硫混合物供应至网络。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,网络包括现有天然气网络。
4. 根据权利要求1所述的方法,还包括:使压缩后的气体混合物选择性地通过氢选择性膜,该氢选择性膜提高压缩后的气体混合物的氢浓度。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中使压缩后的气体混合物选择性地通过氢选择性膜将氢气浓度提高至大于50%体积。
6. 根据权利要求1所述的方法,还包括:将所储存的氢气供应至燃料电池,以生产电力。
7. 根据权利要求1所述的方法,还包括:使硫含量减少的混合物通过变压吸附装置,以便除去包含在硫含量减少的混合物中的至少部分氢。
8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:使硫含量减少的混合物通过电化学堆叠体,以便除去包含在硫含量减少的混合物中的至少部分氢。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中电化学堆叠体被配置成至少部分地纯化并压缩氢气。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中供应至氢气储存装置的氢气的纯度大于约90%。
11. 根据权利要求1所述的方法,还包括:从气体混合物提取天然气以及将天然气供应至天然气单元。
12. 根据权利要求11所述的方法,还包括:确定供应至天然气单元的天然气和供应至氢气储存装置的氢气的能源价格。

分布式氢气提取系统

技术领域

[0001] 本申请要求于2012年7月24日提交的美国临时专利申请No.61/675,041的优先权,其全部内容通过引用并入本文。

[0002] 本公开通常涉及一种分布式氢气提取系统。

背景技术

[0003] 目前,一些能源通过网络进行分配,而其它能源则是成批输送并且现场储存。例如,电网和一些气体网络使用电源线和管线来向家庭住宅和商业经营供应能源。而油和一些其它气体由卡车输送到现场储存设施。然而,规则、环境考虑和经济因素的改变将影响未来能源分配。

[0004] 氢气通常使用罐车进行分配并且在现场或特定分配中心储存在罐车中。另一种分配系统可以使用现有气体网络,其中将氢气添加到运输气体用于经由现有网络进行分配。连接至网络的提取系统可以根据需要从运输气体中提取氢气,从而降低运输和储存成本。

[0005] 一种提出的氢气分配方法使用天然气(NG)或合成天然气(SNG)网络。在未显著影响NG的普通消费者的情况下,可以将最多50%的氢气添加到NG网络。一些提议包括:将约10%~约20%的氢气添加到现有NG网络。氢气可以再生或可以从化石燃料中生产,并且添加到现有NG网络,其中该氢气可以分配给多个消费者。多个氢气提取系统可以连接至现有网络,并且被配置成根据需要提取氢气。

[0006] 出于若干个原因,目前的氢气生成系统不适合于上述网络。大多数目前的氢气生成系统被配置成用于工业规模的操作,并且不适合于小规模用途。它们可以是体积大、价格贵、操作复杂、或需要大量维护。

发明内容

[0007] 本公开目的在于克服现有氢气生成系统的一个或多个缺点。此外,由本文所述的提取系统生产的氢气可以现场储存、向专用氢气分配系统供应、或在现场使用。例如,所提取的氢气可以供应到燃料电池并且用来生产电力。

[0008] 本公开的其它方面目的在于监控并定价氢气使用。例如,因为氢气将可能比NG具有更大的价值,所以氢气消耗与NG消耗分开监控将更准确地说明所消耗的气体的实际成本。这也会影响混合燃料的货币化。本公开描述了在使用时监控氢气消耗和NG消耗的系统和方法。

[0009] 本公开的一个方面涉及一种氢气提取系统。该提取系统可以包括用于压缩包括氢气的气体混合物的压缩机和用于接收压缩后的气体混合物的脱硫单元。该系统还可以包括用于接收硫含量减少的气体混合物的氢气提取装置和用于接收所提取的氢气的氢气储存装置。

[0010] 本发明的另一方面涉及一种从包括天然气和氢气的气体混合物中提取氢气的方法。该方法可以包括:压缩气体混合物并且除去包含在压缩后的气体混合物中的至少部分

硫以形成富硫流和硫含量减少的混合物。该方法还可以包括：除去包含在硫含量减少的混合物中的至少部分氢气以形成贫氢混合物与氢气，并且将氢气供应到氢气储存装置或其它用途。

[0011] 本公开的另一方面涉及一种确定能源价格的方法。该方法可以包括：a) 确定氢气的质量流量(mass flow rate)和b) 确定天然气的质量流量。该方法还可以包括c) 将氢气的质量流量乘以用于氢气的因子，d) 将天然气的质量流量乘以用于天然气的因子，和e) 将步骤c) 和步骤d) 的值相加。

[0012] 本公开的其它目的和优点将在下面描述中部分阐述，部分将从描述中变得显而易见，或者可以通过实施本公开而获知。通过在所附权利要求中特别指出的元素和组合将实现并获得本公开的目的和优点。

[0013] 应当理解，前面的大致描述和下面的详细描述仅为示例性和解释性的，而非如权利要求一样限制系统、装置和方法。

附图说明

[0014] 结合在说明书内并构成本说明书的一部分的附图示出了本公开的若干个实施例，并与说明书一起用来解释本公开的原理。

[0015] 图1是根据示例性实施例的氢气分配系统的示意图。

[0016] 图2是根据示例性实施例的氢气提取系统的示意图。

[0017] 图3是根据另一示例性实施例的另一氢气提取系统的示意图。

[0018] 图4是根据另一示例性实施例的图3的氢气提取系统的示意图。

[0019] 图5A是根据示例性实施例的监控系统的示意图。

[0020] 图5B是根据另一示例性实施例的图5A的监控系统的示意图。

[0021] 图5C是根据另一示例性实施例的图5A的监控系统的示意图。

具体实施方式

[0022] 现在，将详细参照本公开的示例性实施例，在附图中示出了本公开的示例。在任何可能的情况下，相同的附图标记在所有附图中用来代表相同或相似的部件。

[0023] 图1是根据所公开的示例性实施例的氢气分配系统10的示意图。氢气分配系统10可以包括网络20，该网络20用于向各种位置分配流体。网络20可以被设计成运输各种液体或气体的混合物、或单一类型的液体或气体。例如，网络20可以包括现有的气体分配系统。

[0024] 各种管线、管道、通道和其它流体运输装置和系统可以形成网络20的至少一部分。网络20还可以包括各种装置(未示出)，这些装置被设计成用于流体处理。这些装置可以包括储存设施、泵站、阀门、过滤器、仪表、控制系统、监控系统、或与流体或气体传输结合使用的其它设备。

[0025] 在一些实施例中，网络20可以包括天然气分配系统，该天然气分配系统向住宅站点或商业站点供应天然气(NG)。NG可以包括若干种气体的混合物。网络20可以包括管线30，该管线被配置成接收各种流体，包括NG。另外，氢源40可以流体地连接至管线30以把氢气供应给网络20。

[0026] 氢源40可以包括蒸汽重整器(未示出)或被配置成生产氢气的其它装置。该蒸汽重

重整器可以被供以来自管线30的电力、水、和NG。电力可以由常规或其它能源(诸如风能或太阳能)来提供。蒸汽重整器可以包括大型重整器(例如,大于2000kg/天),该大型重整器在集中式节点处将氢气注入高流量或高压管线内。一些工业重整器每天可以生产高达约600吨的氢气。在其它实施例中,蒸汽重整器可以包括小型重整器(例如,小于5kg/天),该小型重整器位于用户家中。也可以使用介于大型重整器和小型重整器之间的任何规模的其它蒸汽重整器。

[0027] 其它氢源可以包括系统或方法,该系统或方法用来通过使用电力、可再生电力(风能、太阳能、地热能)、不可再生电力(煤、石油、天然气、核能)电解水;通过生物生产;通过太阳能直接催化的水裂解;或通过废水处理来产生氢气。

[0028] 多个氢源40可以位于整个网络20内并且被配置成在需要时,向管线30供应氢气。在一些实施例中,管线30内的气体混合物60可以包括大于80%的NG和小于20%的氢气。气体混合物60还可以包括小于5%的氢气和小于10%的氢气。在某些情况下,气体混合物60含有高达75%的氢气。还可以设想,网络20可以包括专用系统,该专用系统用于分配具有约100%的氢气的气体混合物60。另外,一个或多个氢气提取系统70可以连接至网络20。

[0029] 图2是根据所公开的示例性实施例的氢气提取系统(HES)70的示意图。HES 70可以被配置成从气体混合物60中提取氢气。在一些实施例中,HES 70可以包括成本效益系统,该成本效益系统用于分离、纯化、和/或压缩氢气。考虑到相对少量的部件,HES 70可以被配置成占据小体积和/或小占地面积(footprint)。由此可见,在住宅或小规模的商业应用中可以使用HES 70。

[0030] 例如,HES 70可以被配置成以约0.5kg/天为一个燃料电池电动汽车(FCEV)供应氢气或以约1kg/天为两个FCEV供应氢气。然后,当可能需要在FCEV中车载储存时,氢气可以被压缩至压力介于约350巴和700巴之间。HES 70可以加工成一定尺寸以所需的流量为两个以上的FCEV的车队提供氢气。在其它示例中,HES 70可以被配置成供应到燃料电池用于固定发电,诸如约4kg/天(例如,住宅)、约25kg/天(例如,综合性公寓)、约50kg/天(例如,工业建筑物)、或约250kg/天(例如,大型制造或分配中心)、或者约1,500kg/天~约2,500kg/天(例如,在服务站补给燃料的燃料电池汽车)。

[0031] HES 70可以经由供应管道80流体地连接至管线30。关于图5A-5C如下所解释,供应管道80可以包括仪表(400,但图2中未示出),以监控从管线30到HES 70的气体混合物60的流量。供应管道80可以流体地连接至压缩机90,该压缩机被配置成压缩流体。压缩机90可以包括泵、鼓风机、或适合与天然气一起操作的另一压缩装置。在一些实施例中,压缩机90可以仅抽取流体并且可以不需要压缩流体,特别是,压缩机90可以被配置成通过HES 70的至少一部分来抽取流体混合物。如果HES 70包括低压降,则压缩机90可以作为鼓风机操作。

[0032] 来自压缩机90的输出可以被引导至脱硫单元100,该脱硫单元100被配置成从供应到脱硫单元100的流体中除去至少一些硫。各种类型的脱硫单元100能够与HES 70一起操作。例如,脱硫单元100可以包括再生热变动吸附(TSA)类型。TSA可以被配置成以使从离开脱硫单元100中离开的流中除去的硫可以加回到返回至管线30的流中。这种配置可能需要很少维护或不需要维护,诸如,例如更换脱硫催化剂。

[0033] 在一些实施例中,HES 70可以不包括压缩机90。例如,气体混合物60可以以足够的压力直接从管线30向脱硫单元100供应。特别是,气体混合物60可以以约100psig~约1,

000psig供应。在这种压力、或更高压力下,气体混合物60在被引导到脱硫单元100中之前,可以无需额外加压。

[0034] 在由脱硫单元100从流体中除去至少部分硫之后,由脱硫单元100输出的硫含量减少的气体混合物的供应可以被引导至氢气提取单元110来提取氢气。由氢气提取单元110输出的所提取的氢气可以储存在一个或多个储存容器130中。

[0035] 在一些实施例中,氢气提取单元110可以包括电化学堆叠体(EHC)120、或类似的装置,该电化学堆叠体(EHC)120、或类似的装置被配置成分离、纯化和/或压缩氢气。EHC 120可以被配置成提供比一些其它形式的提取单元110更简单的和更具成本效益的系统。例如,EHC 120可以不具有移动零件或者比其它形式的提取单元110更少的部件。此外,EHC 120可能具有比变压吸附系统更低的噪声或更小的占地面积。

[0036] 在一些实施例中,由EHC 120输出的热量可以供应到脱硫单元100或氢气提取系统70的另一部件。该热量可以用来驱动用于上述基于TSA的脱硫单元100的热再生工艺。

[0037] 由氢气提取单元110输出的氢含量减少的流体混合物可以供回到脱硫单元100。在脱硫单元100内,氢含量减少的流体混合物可以与由脱硫单元100提取的硫可以重新合并。所获得的流体可以供回到管线30中或如果需要,则可以在现场使用。

[0038] 图3根据所公开的示例性实施例的另一氢气提取系统(HES)170的示意图。类似于上述实施例,HES 170包括压缩机190和脱硫单元200。例如,富含氢气的天然气可以由压缩机190来压缩并且供应到选择性膜装置180。选择性膜装置180能够对氢气具有可选择性,并且可以用来将流体的氢气浓度提高至大于50体积%。

[0039] 选择性膜装置180可以用来基于进料侧和渗透侧之间的氢气分压之间的差异来分离氢气。选择性膜装置180可以包括膜185,其中,该膜185可以包括各种形式的致密聚合物膜,包括中空纤维束、螺旋缠绕或平直的片。这种膜可以购自特殊的供应品(诸如空气产品(Air Products)、BOC、或液化空气(Air Liquide))。选择性膜装置180还可以包括无机氢气选择性膜。

[0040] 从选择性膜装置180输出的流体可以供应到如上所述的脱硫单元200。在其它实施例中,HES 170没有脱硫装置200。来自选择性膜装置180的输出可以直接供应到变压吸附(PSA)装置210。

[0041] PSA 210可以用来进一步纯化来自选择性膜装置180的渗透流以将氢气纯度提高至大于90%、大于95%或大于99%。PSA 210可以采用多个吸附层和采用管网来连接这些层。吸附剂(未示出)可以采用珠的形式或结构化的形式。也可以使用旋转阀门、旋转层、快速循环PSA、或在本领域中已知的其它装置。

[0042] 图4是根据所公开的另一示例性实施例的另一氢气提取系统(HES)270的示意图。类似于上述实施例,HES 270可以包括压缩机290和脱硫单元300。富含氢气的流体由压缩机290来压缩并且供应到脱硫单元300。

[0043] 脱硫单元300可以包括多层脱硫器,该多层脱硫器被配置成在气体混合物被送入选择性膜装置280之前,从气体混合物流中除去至少部分硫物质。脱硫单元300内的一些层可以以吸附模式操作并且其它层可以以再生模式操作。解吸的硫物质可以使用从选择性膜装置280和/或类似于上述的变压吸附(PSA)装置310中输出的一部分返回气体被带回到管线30。如图4所示,从选择性膜装置280输出的流体可以供应到PSA 310。在其它实施例中,

HES 70、HES 170、HES 270的各种部件可以以不同的形式配置以从其它部件接收流体或向其它部件供应流体。

[0044] 图5A-C示出了根据一些示例性实施例的监控系统390的各种配置。监控系统390可以被配置成监控氢气混合物的流量。各种电子部件(未示出)可以与系统390(诸如处理器、存储器、通信系统等)相关联。监控系统390还可以包括仪表400,该仪表400流体地连接至管线30,并且被配置成接收来自管线30的气体混合物的供应。仪表400还可以连接至氢气提取系统(HES)470。

[0045] 虽然图5A-C中示出了仪表400,但是可以使用各种其它装置和方法来确定流量。例如,仪表400可以包括传统流量计或累计器。在其它实施例中,HES 470的一个或多个部件可以用来监控从HES 470输入或输出的一种或多种气体的流量。

[0046] 如上所解释,从HES 470提取的氢气能够在现场储存,或用来供应到燃料电池410或氢气分配网络(未示出)。从HES 470输出的贫氢天然气可以供应到天然气(NG)单元420。NG单元420可以包括各种住宅或商业装置住宅或商业装置被配置成使用NG(诸如,例如热源)工作。在一些实施例中,从HES 470输出的氢气或NG可以返回到管线30。在其它实施例中,EHC 120可以用来确定氢气流量。

[0047] 氢气将可能比用来运输它的NG更有价值。因此,如果用户仅消耗了全部气体混合物的一部分,则用户更喜欢基于他们消耗多少氢气或NG而无需支付全部气体混合物的费用而被收费。用于能源消耗的不同价格可以基于用户对NG或氢气的消耗来确定。

[0048] 图5A示出了其中消费者从由管线30供应的气体混合物中提取NG和氢气的方案。例如,NG可以供应到NG单元420并且氢气可以供应到燃料电池410。货币值可以基于分析各种流体流量(诸如输入流量和输出流量)来确定。以下列出的计算结果也可以被修改成包含一个或多个流量的各种排列。

[0049] 针对图5A中示出的方案,向消费者收取的价格可以为两个或多个计算的和、或者等价确定。例如,每个计算结果可以和所消耗的能源与该能源形式的市场价值的乘积成比例。下列方程(方程1)可以用来确定在能源价格:

$$\text{Energy Price} = V_{H_2} \times \dot{m}_{H_2} + V_{NG} \times (cfm - \dot{m}_{H_2})$$

其中, V_{H_2} 表示用于氢气的市场价值因子, \dot{m}_{H_2} 表示氢气的质量流量, V_{NG} 表示用于NG的市场价值因子,cfm表示从仪表400中读出的总质量流量。

[0050] 图5B示出了其中消费者从由管线30供应的气体混合物中提取氢气并且将所有NG返回到管线30的方案。如上所述,向消费者收取的价格可以为两个或多个计算结果的和。第一计算结果可以可以和所消耗的能源与氢气的市场价值的乘积成比例。所以第二计算结果可以与由于NG返回到管线30而引起的能源值耗减成比例。下列方程(方程2)可以用来确定能源价格:

$$\text{Energy Price} = V_{H_2} \times \dot{m}_{H_2} + F_{depletion} \times (cfm - \dot{m}_{H_2})$$

其中, $F_{depletion}$ 表示说明由消费者从NG网络中提取氢气而从NG网络中耗减的值的因子,并且其他变量如上对于方程(1)所述。

[0051] 图5C示出了其中消费者从由管线30供应的气体混合物中提取NG并且将所有氢气返回到管线30的方案。向消费者收取的价格可以为两个计算结果之间的差。第一计算结果

可以和所消耗的能源与用于NG的市场价值的乘积成比例。所以第二计算结果可以与由于氢气返回到管线30而引起的能源值添加成比例。下列方程(方程3)可以用来确定能源价格:

$$\text{Energy Price} = V_{H_2} \times (cfm - \dot{m}_{H_2}) - F_{addition} \times \dot{m}_{H_2}$$

其中, $F_{addition}$ 表示说明由消费者向NG网络返回氢气而添加到NG网络的值的因子, 并且其他变量如上对于方程(1)描述。

[0052] 从本文中公开的说明书的考量和概念的实践中, 本领域的技术人员容易看出本公开的其它实施例。例如, 除NG之外, 另一种类型的气体或流体可以与上述公开一起使用。此外, 以上系统的一个或多个功能或部件可以组合为单个单元。此外, 可以使用不同的方程或算法, 该方程或算法使用与上述参数不同的参数, 但是使用相似的概念或原理。旨在说明书和示例仅视为示例性的, 而本公开的真正范围和精神由以下权利要求所指出。

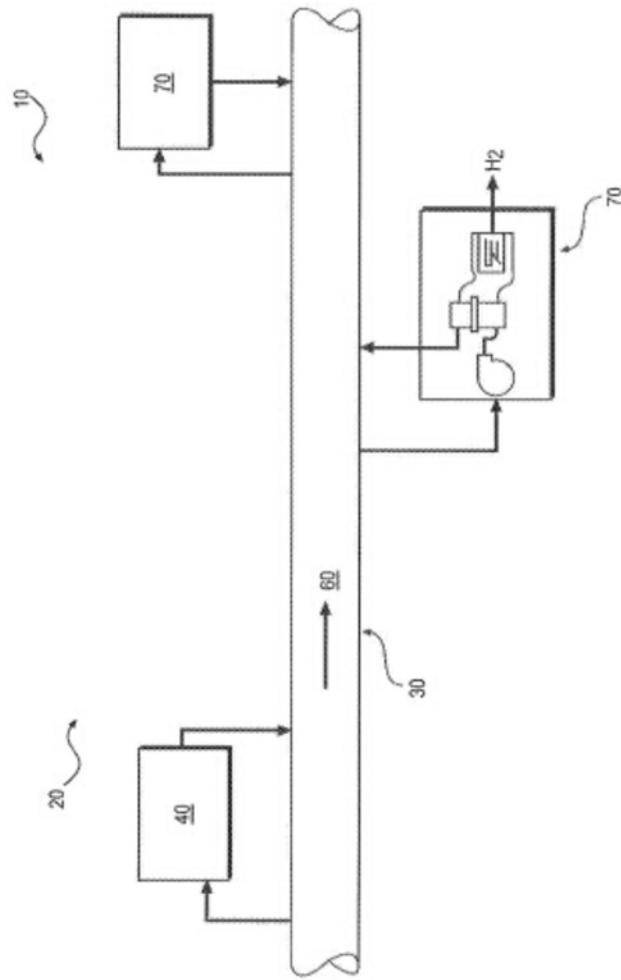


图1

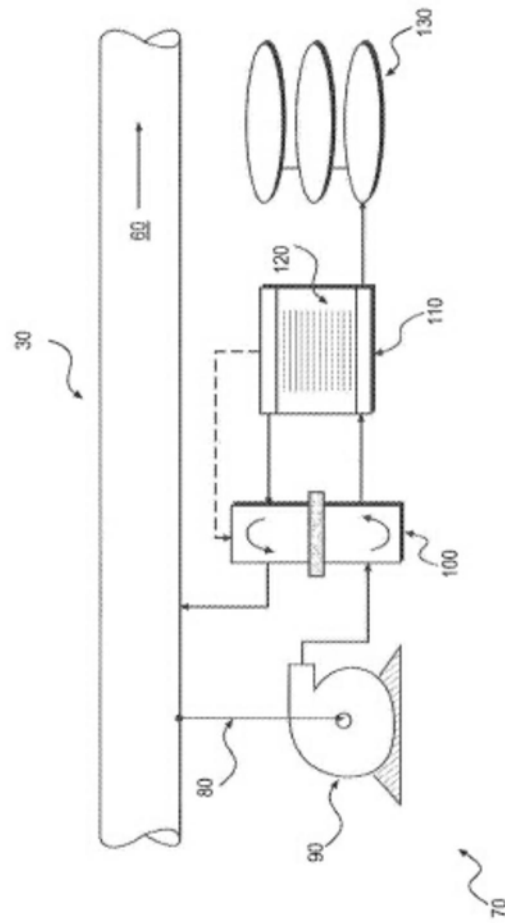


图2

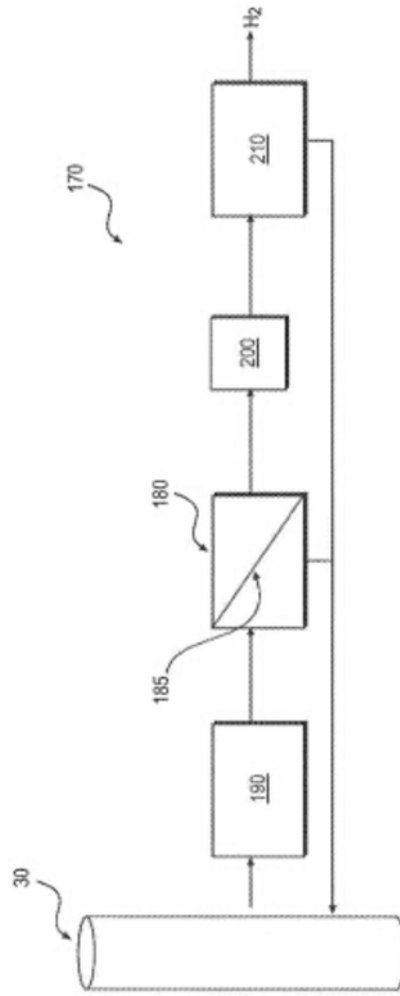


图3

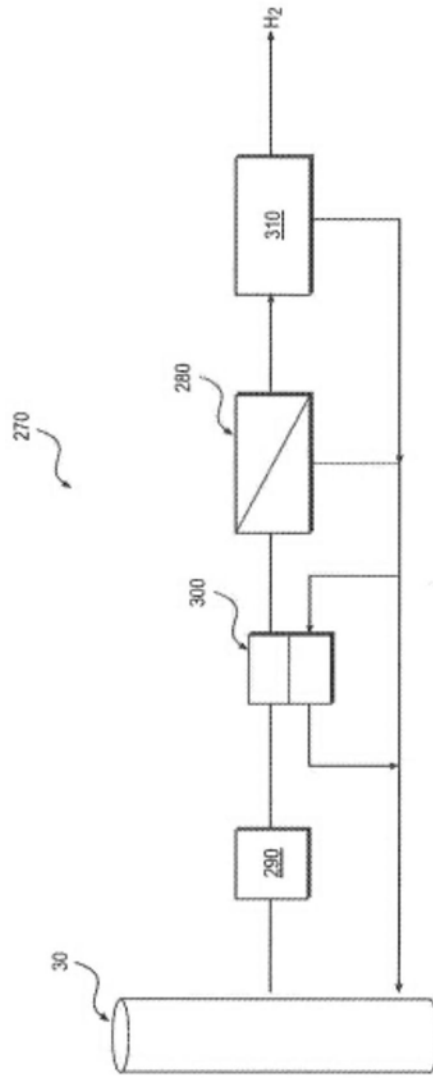


图4

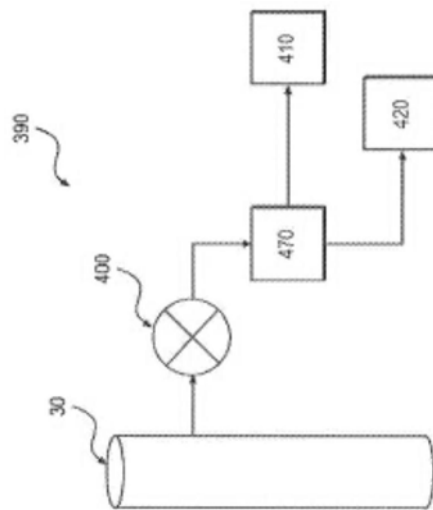


图5A

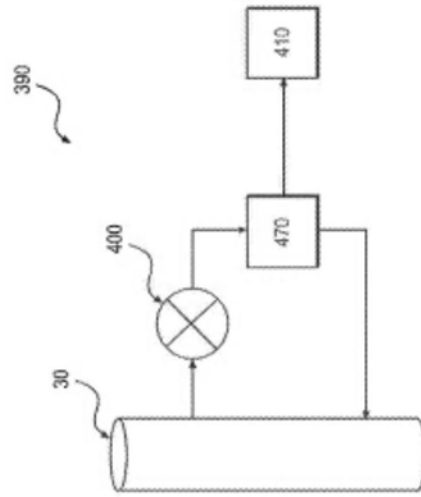


图5B

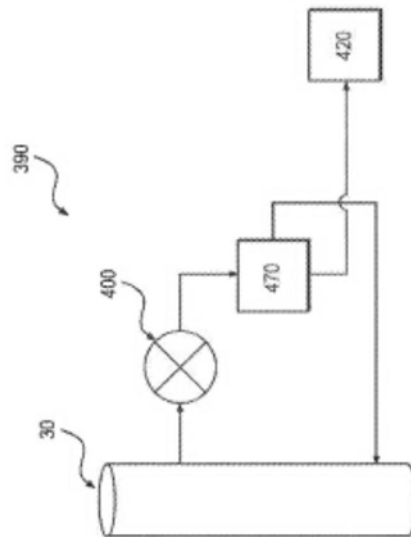


图5C