



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105102757 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201480016156. 7

代理人 陈松涛 王英

(22) 申请日 2014. 03. 14

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/792, 910 2013. 03. 15 US

14/209, 598 2014. 03. 13 US

E21B 43/26(2006. 01)

E21B 43/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 09. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/027123 2014. 03. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/152251 EN 2014. 09. 25

(71) 申请人 普拉德研究及开发股份有限公司

地址 英国维尔京群岛

(72) 发明人 J·约瑟夫 R·D·哈钦斯

W·T·休伊 J·克林克司凯尔斯

P·恩卡巴比安 A·佩娜

G·沃特斯 S·阿亚拉 J·E·布朗

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

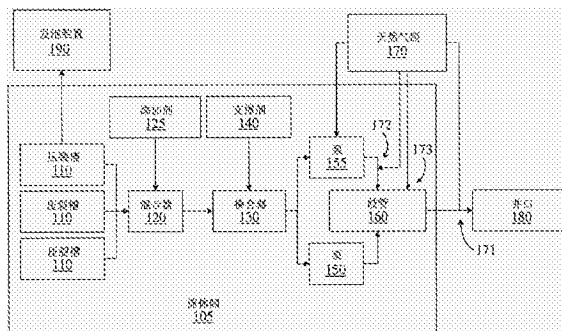
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

利用天然气的增产

(57) 摘要

一种其中压裂流体源与延伸到地下地层中的井眼流体连通的设备、系统以及方法。压缩机具有与天然气源流体连通的输入端，并且具有与所述井眼流体连通的输出端。所述压缩机可操作于压缩在所述输入端处接收到的天然气，以便在所述输出端处输送。液化气源也与所述井眼流体连通。



1. 一种设备,包括:

压裂流体源,所述压裂流体源与延伸到地下地层中的井眼流体连通;

天然气源;

压缩机,所述压缩机具有与所述天然气源流体连通的输入端,具有与所述井眼流体连通的输出端,并且可操作于压缩在所述输入端处接收到的天然气,以便在所述输出端处输送;以及

液化气源,所述液化气源与所述井眼流体连通。

2. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述液化气源包括选自由以下各项组成的群组中的液化气:

液化天然气;

液化二氧化碳;以及

液化氮。

3. 根据权利要求 2 所述的设备,还包括低温泵,所述低温泵可操作于在从所述液化气源接收到的液化气被传送到所述井眼之前对从所述液化气源接收到的所述液化气进行加压。

4. 根据权利要求 3 所述的设备,其中,所述低温泵以实质上等于或大于所述压缩机的出口压力的压力对所述液化气进行加压。

5. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括与所述压缩机、所述压裂流体源以及所述井眼流体连通的发泡装置,其中,所述发泡装置可操作于形成包括从所述压缩机接收到的压缩天然气以及从所述压裂流体源接收到的压裂流体的发泡流体,以便输送到所述井眼。

6. 根据权利要求 5 所述的设备,其中,所述发泡装置还可操作于接收也用于形成所述发泡流体的聚合物。

7. 根据权利要求 5 所述的设备,其中,所述发泡装置还可操作于接收也用于形成所述发泡流体的交联聚合物稳定剂。

8. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述天然气源包括压力容器,所述压力容器含有选自由以下各项组成的群组中的天然气产物:

液化天然气;

压缩天然气;以及

气体水合物。

9. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括在所述压裂流体源与所述井眼之间流体连通的压裂泵,其中,所述压裂泵包括与所述天然气源流体连通的燃烧机。

10. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括冷却器,所述冷却器在所述压缩机的输出端与所述井眼之间流体连通并且可操作于冷却从所述压缩机接收到的所压缩的天然气。

11. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括注射器,所述注射器在所述压缩机与所述井眼之间流体连通并且可操作于在所压缩的天然气被输送到所述井眼之前将经加压的冷却化学物质注射到所压缩的天然气中,其中,所述冷却化学物质选自由以下各项组成的群组:

液化天然气;

液化氮;以及

液化二氧化碳。

12. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括注射器,所述注射器在所述天然气源与所述压缩机之间流体连通并且可操作用于在从所述天然气源接收到的天然气被输送到所述压缩机之前将经加压的冷却化学物质注射到从所述天然气源接收到的所述天然气中,其中,所述冷却化学物质选自由以下各项组成的群组:

甲醇;

乙醇;

液化天然气;

液化氮;以及

液化二氧化碳。

13. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述压缩机的输入端是流体输入端,并且所述设备还包括动力产生器,所述动力产生器具有可操作地耦合到所述压缩机的机械输入端的输出轴,其中,所述动力产生器包括以所述天然气源作为燃料的燃烧机。

14. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括设置在所述井眼中的混合器,其中,所述混合器与所述压裂流体源和所述压缩机流体连通。

15. 根据权利要求 14 所述的设备,其中,所述混合器与设置在所述井眼内的管状物以及界定在所述管状物与所述井眼之间的环形物流体连通,并且其中,所述压裂流体源和所述压缩机与所述管状物和所述环形物中相应的管状物和环形物流体连通。

16. 根据权利要求 15 所述的设备,其中,所述混合器包括多个孔口,所述多个孔口延伸通过所述管状物的壁并且共同地可操作用于使得能够混合从所述压裂流体源和所述压缩机接收到的流体。

17. 根据权利要求 15 所述的设备,还包括设置在所述环形物中并且形成所述环形物的井上部分和所述环形物的井下部分的封隔器,其中,相比于所述多个孔口,所述封隔器设置在井下更远处。

18. 一种方法,包括:

将天然气从位于井场的天然气源引导到位于所述井场的压缩机;

经由所述压缩机的操作来压缩所述天然气;

将所压缩的天然气与从位于所述井场的压裂流体源接收到的压裂流体混合,从而形成经加压的混合物;以及

通过将所述经加压的混合物引入到从所述井场延伸到地下地层中的井眼中来压裂所述地下地层。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述混合在所述井场发生。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述混合在所述井眼中在至少约 60 米的深度处发生。

利用天然气的增产

背景技术

[0001] 产生油、燃气、煤床甲烷、沥青砂、油页岩和 / 或页岩气的地下地层可能需要增产以增强来自地层的烃流,以便使得或保持操作经济上可行。同样地,用于流体储存或处置的地下地层可能需要增产来增强流体流动到地下地层中。压裂地下地层以增产生产或增强注射能力需要经由延伸到地层中并且与地层流体连通的一个或多个井将高压流体泵送到地层中。

[0002] 这种高压压裂流体可以是或包括经各种化学物质(诸如,表面活性剂、发泡剂、交联剂和 / 或胶凝剂)处理的水溶液。所述压裂流体还可以包括支撑剂,诸如铝矾土、砂和 / 或陶瓷颗粒。然而,一些这种压裂流体并不是没有缺点。例如,在世界的一些地方,用于产生压裂流体的水可能是难以获得的和 / 或昂贵的。现有压裂流体还可能不是充分环境相容的和 / 或在不同样增加可以完成压裂操作的时间的情况下是可恢复的,延迟来自井的烃的生产或商业化的开始,和 / 或导致烃在压裂操作期间或之后的损失。现有压裂操作还可能不会以环保的和 / 或有成本效益的方式经济地保存废弃物、热量和 / 或副产物。

发明内容

[0003] 本公开内容引入一种设备,包括与延伸到地下地层中的井眼流体连通的压裂流体源、天然气源以及压缩机。所述压缩机具有与天然气源流体连通的输入端以及与井眼流体连通的输出端,并且可操作用于压缩在输入端处接收到的天然气,以便在输出端处输送。液化气源也与井眼流体连通。

[0004] 本公开内容还引入一种方法,包括将天然气从位于井场的天然气源引导到位于井场的压缩机。然后经由压缩机的操作来压缩天然气。然后将压缩天然气与从位于井场的压裂流体源接收到的压裂流体混合,从而形成经加压的混合物。然后通过将经加压的混合物引入到从井场延伸到地下地层中的井眼中来压裂地下地层。

[0005] 本公开内容的这些和额外方面在接下来的说明书中进行阐述,和 / 或可以通过阅读本文中的材料和 / 或实施本文所描述的原理而由本领域技术人员习得。本公开内容的至少一些方面可以经由所附权利要求书中所叙述的手段来实现。

附图说明

[0006] 当结合附图阅读时,根据以下具体实施方式最好地理解本公开内容。应强调的是,根据工业中的标准实施,各个特征未按比例绘制。事实上,为了论述清楚起见,可以任意增加或减小各个特征的尺寸。

[0007] 图 1 描绘根据本公开内容的一个或多个方面的示范性压裂操作场所的综述。

[0008] 图 2-7 描绘根据本公开内容的一个或多个方面的压裂操作的天然气侧的各个示范性实施方式。

[0009] 图 8 和图 9 描绘根据本公开内容的一个或多个方面的压裂流体的天然气组分的示范性井下注射点。

具体实施方式

[0010] 应注意,在本公开内容的范围内的实际实施方式的发展中,可以作出许多实施方式特定的决定来实现预定目标,诸如符合系统和企业相关的约束,其可以因实施方式不同而不同。然而,本领域技术人员将理解,这种发展可能是复杂的和耗时的,但对于得益于本公开内容的本领域技术人员来说,其仍然是常规任务。

[0011] 下文参考附图描述本公开内容的范围内的示例性实施方式。以下阐述了许多细节以提供对本公开内容的各个方面的更彻底的理解。然而,本领域技术人员将理解,本文所公开的示例性实施方式可以在没有这些细节中的一些细节的情况下实施。在其它情况下,可以不详细描述熟知特征,诸如可以避免使以下描述复杂化。

[0012] 本文所使用的各个术语和措词用于描述的目的,并且因此可以不限范围。诸如“包含”、“包括”、“具有”、“含有”以及“涉及”以及其变体的语言旨在为广泛的并且包含其后列出的标的物、等效物以及未明确叙述的额外标的物。

[0013] 另外,本公开内容可以在各个示例性实施方式中重复附图标记和 / 或字母。此重复是为了简单和清楚起见,而本身并不指示下文所描述的各个实施方式、实施例和 / 或配置之间的关系。

[0014] 本公开内容的范围内的实施方式可能一般(但不作为限制)涉及井压裂和井增产操作。本公开内容的范围内的实施方式还可以涉及一个或多个压裂流体和 / 或压裂地下地层的方法,以便增产来自井的烃的生产和 / 或改善地下地层的渗透性,从而促进流体注射到井中。

[0015] 本公开内容引入至少一种用于使用压裂流体来增产地下地层的新方法和 / 或系统,该压裂流体包括天然气,诸如液化天然气(LNG)、压缩天然气(CNG)、气体水合物、胶化 LNG、发泡 LNG 以及用天然气发泡的压裂流体,在其它示例中也在本公开内容的范围内。本公开内容的范围内的压裂流体可以包括可以获自本地源、与 LNG、液化二氧化碳以及液化氮中的至少一个组合的天然气。这种组合还可以包括支撑剂和 / 或纤维。天然气源可以设置在井眼的可运输的距离内。例如,天然气源可以由位于离用于为一次井提供压缩天然气的压缩机(诸如通过直接或间接耦合到压缩机)小于约五千米处的二次井产生天然气。天然气源也可以位于与一次井相同的地下地层。

[0016] 天然气是从原油井获得的多组分气体(被称为伴生气)或从地下含气层获得的多组分气体(被称为非伴生气)。天然气的组合物和压力可以显著变化。例如,天然气流可以包括作为主要组分的甲烷(CH₄)。原天然气还可以包括乙烯(C₂H₄)、乙烷(C₂H₆)、其它烃、一种或多种酸性气体(诸如,二氧化碳、硫化氢、硫化羰、二硫化碳以及硫醇)和 / 或微量水、氮、硫化铁、蜡、原油和 / 或其它污染物。LNG 是已经被处理为去除氮、水、重质烃(例如, C₇+)和 / 或其它杂质的天然气,并且然后在约大气压下通过冷却和降压凝聚成液体。

[0017] 本公开内容的范围内的压裂组合物可以包括高浓度气体压裂组合物,其为粗泡沫。另一示例包括两性甘氨酸盐表面活性剂,诸如可以增加粘度和 / 或允许通过 pH 调节对组合物进行粘度控制。另一示例性压裂组合物包括极性基底、聚丙烯酸酯以及使聚丙烯酸酯电离到吸湿状态的活化剂。本公开内容的范围内的压裂组合物还可以包括二氧化碳和 / 或氮,其用于产生高气体浓度泡沫。另一示例性压裂组合物包括液体丙烷 / 氮混合物。

[0018] 图 1 是描绘根据本公开内容的一个或多个方面使用包括天然气的压裂流体增产地下地层的系统和 / 或方法的一个或多个方面的框图。图 1 的一部分示出通用井场装配 105, 在本文中还可互换地称为“流体侧” 105, 并且在本领域中还被称为“支撑剂注射侧”和 / 或“水侧”。流体侧 105 包括多个槽, 在本文中被称为“压裂”槽 110, 其含有水和 / 或压裂流体。流体侧 105 还可以包括混合器 120, 其可以是或包括精密连续混合器 (PCM) 和 / 或可操作于将来自添加剂 125 的供应的流体与水混合的其它组件。流体侧 105 还包括掺合器 130, 其可操作于将支撑剂 (诸如, 由砂主要的和 / 或其它输送工具提供的砂) 与从混合器 120 接收到的流体混合以形成浆料。流体侧 105 还包括歧管 160 (诸如, 歧管拖车), 其连接到多个高压压裂泵 (“压裂泵”) 150 和 155。泵 155 可以包括以来自天然气侧 170 的天然气作为燃料的燃烧机。歧管 160 和泵 150 和 155 共同地可操作于将浆料从掺合器 130 泵送到井场处的井口 180。

[0019] 本领域技术人员将理解, 在本公开内容的范围内可以对图 1 中示出的井场装配 105 作出若干变化。例如, 压裂流体可以在无支撑剂的情况下形成, 以使得掺合器 130 和 / 或支撑剂供应 140 可以省略。作为另一个示例, 支撑剂可以注射在压裂泵 150 和 155 的下游 (“高压侧”)。

[0020] 天然气侧 170 在图 1 中描绘为在井口 180 的注射点 171 上游处与流体侧 105 流体连接, 以向压裂流体提供天然气组分。然而, 也可以或替代地利用其它注射点。例如, 其它注射点可以包括歧管 160 的注射点 172 上游、将天然气直接注射到歧管 160 中的注射点 173、将天然气直接注射到与歧管 160 分离的额外歧管中的注射点 (未示出) 和 / 或井口 180 的注射点下游 (未示出, 但下面参考图 8 更详细地进行了解释) 中的一个或多个。注射点中的一个或多个可以出于安全目的而埋入地下, 因为对于深井, 注射压力可以是约 15,000psi 或更大。可以管理注射点中的一个或多个处的压力差以阻止气体进入液体流且潜在地损坏压裂泵 150 和 155、管道密封件和 / 或其它设备。例如, 注入天然气的压裂流体可以维持在相对于所注入的天然气的压力较高的压力下。尽管图中未描绘, 但还应注意, 天然气侧 170 可以不与流体侧 105 连接, 并且可以替代地独立操作以增产地下地层。

[0021] 图 2-7 是描绘图 1 中示出的天然气侧 170 的各个实施方式的框图。各个实施方式描绘天然气源 210, 其可以是或包括含有 LNG、CNG 或气体水合物的压力容器中的一个或多个。天然气源 210 可以是或包括静态结构、通过油罐卡车运送的移动单元、海上井油罐容器、位于海底的压力容器、列车车厢和 / 或用于从一个或多个周围井现场输送的管道中的一个或多个。天然气源 210 可以含有在一个或多个压裂阶段期间待利用的约 4,500,000SCF (标准立方英尺) 的天然气。在 LNG 作为天然气源 210 的一部分储存或输送的情况下, 压裂阶段可以包括两个或三个奎因运输工具 (queen transport) 以运输 LNG。氮奎因储存装置 (queen storage) 在约 45psia 的压力下可以含有 23,000 加仑液氮, 假设一加仑 LNG 相当于约 82.6SCF 的天然气。

[0022] 通过周围的本地井补充并且用于压裂地下地层和 / 或作为用于压裂地层的设备的燃料的天然气源可以提供显著的成本和环境节约。然而, 压缩天然气的效率的不同程度可能对成本和 / 或环境节约具有直接影响。图 2-7 中所描绘的实施方式中的每一个以不同能力解决这种效率。

[0023] 原位产生压缩天然气的压缩装置, 诸如如图 2 中所示出的多级压缩机 220 或如图 3

中所示出的单级压缩机 320, 可以与图 2-7 的天然气源 210 流体连通。例如, 在图 2 中, 多级压缩机 220 可以将从天然气源 210 提供的天然气的压力增加到适用于输送到井口 180 的压力。即, 从天然气源 210 提供的天然气可以具有范围在约 500psia 与约 1,000psia 之间的压力以及约 80degF (华氏度) 的温度。多级压缩机 220 可以将天然气的压力提高到范围在约 7,500psia 与约 9,000psia 之间的压力, 其可以使得温度升高到约 200degF 与约 215degF 之间。在井眼内的压裂操作期间, 可以由热回收系统 240 利用由多级压缩机 220 产生的热能。热回收系统 240 可以由压缩机所产生的热能来产生电气或机械功率输出 250。

[0024] 热回收系统 240 可以通过一个或多个冷却器 230 与多级压缩机 220 流体连通。例如, 如图 2 中所描绘, 多级压缩机 220 可以具有三级, 每一级与一个或多个冷却器 230 流体连通。热回收系统 240 可以通过多级压缩机 220 直接或经由一个或多个冷却器 230 回收热量输出。可以利用由热回收系统 240 从一个或多个冷却器 230 回收的热量以改变流体侧 105 中的水温, 以帮助管理压缩天然气的温度。也可以或替代地在依赖于温度差的各个应用期间利用从压缩机 220 排出并且在热回收系统 240 中回收的热量。例如, 可以利用热回收系统 240 来提供电气和 / 或机械功率输出 250, 以供图 1-7 中示出的流体侧 105 和 / 或天然气侧 170 的一个或多个其它组件和 / 或井场处的其它组件利用。还可以利用由热回收系统 240 回收的热量和 / 或由此获得的电气和 / 或机械功率输出来加热压裂槽 110 中的水和 / 或提供对井场人员来说舒适的供暖, 诸如当井场位于像加拿大和俄罗斯的冷天气环境中时。

[0025] 图 2-7 中示出的多级压缩机 220 和其它压缩装置可以由动力源提供动力, 该动力源诸如涡轮机或燃烧机, 其可以由柴油、电力、天然气 (可能来自本地源) 和 / 或其它燃料提供动力。图 2-7 中示出的多级压缩机 220 和其它压缩装置可以是或包括具有天然气的不同体积、压力和 / 或温度的正排量压缩机、离心式压缩机等。用于实现所期望的压力、体积和 / 或温度水平的马力 (HP) 的范围可以在约 6,000HP 与约 19,000HP 之间。

[0026] 图 2-7 中示出的多级压缩机 220 和其它压缩装置可以与级间冷却器和 / 或制冷系统 (其可操作用于降低各个出口处的天然气的温度, 并且从而减小用于各个压缩级的马力) 整合。例如, 图 3 的单级压缩机 320 可以与后冷却器和 / 或制冷系统 330 (其可操作用于降低单级压缩机 320 的天然气输出端的温度) 流体连通。图 2 和图 3 中示出的一个或多个冷却器 230 和 / 或 330 以及下文所描述或另外在本公开内容的范围内的其它冷却器可以是可操作地以使天然气输出端的温度降低到低于水的沸点, 使得在与天然气流接触放置时压裂流体的水组分不会沸腾。

[0027] 除了图 2 和图 3 中示出的一个或多个冷却器 230 和 / 或 330 外或者取而代之, 可以通过从压裂槽 (诸如图 1 中示出的压裂槽 110) 接收到的水冷却压缩机 220/320 的出口处的天然气的温度。诸如在将乙醇、甲醇、其它醇和 / 或其它冷却化学物质添加到天然气流中以从系统去除潜热的情况下, 也可以或替代地利用化学物质辅助的冷却。

[0028] 图 2-5 和图 7 还描绘了例如用于将来自天然气侧 170 的压缩天然气与来自流体侧 105 的压裂流体混合的发泡装置 190, 以产生发泡压裂流体, 以便输送到井口 180。聚合物添加剂和 / 或稳定剂源 260 可以将交联聚合物稳定剂和 / 或其它聚合物添加剂和 / 或聚合物稳定剂引入到发泡装置 190 中。发泡装置 190 也可以与压裂流体源 (例如, 图 1 中示出的压裂槽 110) 流体连通, 以便在压裂流体源被注射到井口 180 中之前与压缩天然气混合。然

而,天然气可以减少或实质上消除用于产生泡沫的水。

[0029] 如图 4 中所描绘,天然气侧 170 还可以包括耦合到 LNG、液化氮 (LN₂) 或液化二氧化碳 (LCO₂) 源的低温泵 430,其可以用于在天然气被输送到井口 180 之前冷却压缩天然气。低温泵 430 可以以实质上等于或大于单 / 多级压缩机 420 的入口和 / 或出口压力的压力对 LNG、LN₂ 或 LCO₂ 进行加压,取决于低温泵 430 的出口是耦合在压缩机 420 之前还是之后。

[0030] 如同上文所描述的实施方式一样,图 4 的单或多级压缩机 420 可以与冷却器 / 制冷系统 230 和 / 或热回收系统 240 连接或整合。然而,将 LNG 注射到天然气流中可以降低压缩机 420 的出口处的压缩天然气的温度。LNG 是约 75-95% 液化甲烷 (CH₄) 与 5-15% 乙烷 (C₂H₆) 的可变混合物,其中其余部分由诸如尤其丙烷 (C₃H₈) 和 / 或丁烷 (C₄H₁₀) 之类的其它烃构成。液化甲烷具有约 -182.5degC (摄氏度,296.5degF) 的熔点和约 -161.6degC (-259degF) 的沸点。因此,可以利用一个或多个低温泵 430 来将 LNG 泵送到天然气流中。LNG 也可以或替代地是 LN₂ 和 / 或 LCO₂。一个或多个低温泵 430 可以以实质上等于或大于压缩机 420 的出口压力的压力 (诸如范围以约 7,500psia 与约 9,000psia 之间的压力) 将 LNG、LN₂ 和 / 或 LCO₂ 从 LNG/LN₂/LCO₂ 源 410 泵送到压缩天然气流中。

[0031] 如上文所描述,也可以 (或替代地) 利用冷却化学物质源 445 来降低压缩气体温度。例如,可以通过流体设置于压缩机 420 与发泡装置 190 之间的注射器 440 将乙醇、甲醇、其它醇、LNG、LN₂、LCO₂ 和 / 或其它冷却化学物质注射到压缩天然气流中。例如,注入的冷却化学物质可以具有低沸点和 / 或高潜热,可能大致比得上或大于甲醇或乙醇的沸点和 / 或潜热,并且因此可以在压缩机 420 的输出端处从压缩天然气中去除潜热。也可以或替代地在压缩之前经由例如具有与压缩机 420 流体连通的输出端的注射器 442 来将冷却化学物质源 445 注射到天然气流中。尽管天然气源 210 也可以或替代地在无介入中间的注射器 442 的情况下连接到压缩机 420,注射器 442 也可以流体连接在天然气源 210 与压缩机 420 之间。

[0032] 图 5 中所描绘的实施方式类似地包括单或多级压缩机或泵 520,泵 520 由天然气源 210 供给并且经由低温泵 430 由 LNG/LN₂/LCO₂ 源 410 供给。低温泵 430 也可以将 LNG、LN₂ 和 / 或 LCO₂ 注射到发泡装置 190 中。如以上所描述,在一个或多个压缩级之前降低天然气温度可以减小用于压缩 / 泵送天然气到用于注射到井口 180 和井下的适合压力的马力。LNG 与 CNG 的比率和压缩机 520 处的入口压力也可能影响用于获得出口压力的出口温度和马力。

[0033] 图 6 中所描绘的实施方式类似地包括天然气源 210、LNG/LN₂/LCO₂ 源 410、单 / 多级压缩机 420 以及低温泵 430。图 6 中所描绘的实施方式 (以及图 1-5 中所描绘的那些) 也可以包括用于本地的天然气储存的压力容器 610。压力容器 610 可以含有 LNG、CNG 或气体水合物。

[0034] 图 6 中所描绘的实施方式还包括第一涡轮驱动机、燃烧机和 / 或其它动力产生器 640,其可操作于通过旋转轴 630 给耦合至其的单 / 多级压缩机 420 提供动力。第二涡轮驱动机、燃烧机和 / 或其它动力产生器 650 可以是可操作地经由相对应的旋转轴 660 给低温泵 430 提供动力。第一和第二动力产生器 640 和 650 可以由从天然气源 210 的压力容器 610 接收到的天然气提供动力。由第一动力产生器 640 产生的热废气可以 (经由二次回收系统,未示出) 用于驱动第二动力产生器 650。

[0035] 图7中所描绘的实施方式类似地包括第一涡轮驱动机、电力驱动机、燃烧机和/或经由旋转轴730给第一单/多级压缩机720提供动力的其它动力产生器750以及第二涡轮驱动机、动力驱动机、燃烧机和/或经由旋转轴732给第二单/多级压缩机725提供动力的其它动力产生器755。第二压缩机725在第一压缩机720与井口180之间流体连通,以例如进一步压缩从第一压缩机720接收到的压缩天然气。由第一动力产生器750产生的废气可以用于(例如经由如以上所描述的回收系统)驱动第二动力产生器755,诸如在第二动力产生器755为或包括以第一动力产生器750的废气作为燃料的燃烧机的情况下。一个或多个冷却器730、740和745可以是可操作地(可能与如上文所描述的热回收系统结合)从第一和第二压缩机720和725捕获热废气。第一和第二压缩机720和725以及第一和第二动力产生器750和755可以由从天然气源210接收到的天然气提供动力。

[0036] 与以上所描述或另外在本公开内容的范围内的实施方式中的一个或多个实施方式组合或独立于该一个或多个实施方式,天然气流与流体/水流的混合可以通过例如设置在井眼中的在井口180以下至少约60米的距离处的混合器在井下执行。图8中描绘了一个这种实施方式,其中来自天然气侧170的天然气组分可以在井口180处并且沿管状物870向下注射。来自流体侧105的水和/或另一种液体组分可以同时并在井口180处并且沿围绕管状物870的环形物872向下注射。设置在井眼890中的混合器876与来自天然气侧170的输出流和来自流体侧105的输出流流体连通。延伸通过管状物870的壁的一个或多个孔口877可以形成混合器876。孔口877共同地可操作于使得能够混合从流体侧105和天然气侧210接收到的流体。在图9中所描绘的类似实施方式中,管状物870是第一管状物870,并且设置在环形物872中的第二管状物878被配置为将诸如液体(包括固体、液相以及气相中的至少一个)的物质引导到井眼中。

[0037] 在图8和图9中示出的实施方式中,管状物870可以是适用于井下流体输送的各种管状物中的一种或多种,诸如连续管、生产管、钻柱、套管等。管状物870被孔口877穿孔以形成混合器876,并且可以通过封隔器874密封,以使得液体或水组分可以进入管状物870的内部并且继续沿管状物870向下到达地层的比孔口876在井下更远的注射点。封隔器874设置在比混合器876在井下更远的环形物872中,因此形成环形物872的井上部分和环形物872的井下部分。管状物870也可以或替代地提供于无封隔器或孔口的套管中,并且允许在管状物870的远端处混合上文所描述的流(stream)。

[0038] 环形物872中的流体流(无论来自天然气侧170还是流体侧105)的压力可以维持在比管状物870中的流体流(来自天然气侧170或流体侧105中的另一个)更高的压力下,以使得流体可以经由混合器876进入管状物870的内部。在其它实施方式中,环形物872中的流体流的压力可以维持在比管状物870中的流体流更低的压力下,以使得流体可以经由混合器进入环形物872的内部。

[0039] 在单独的单阶段中向井下输送气流和液体流以便产生泡沫可以减小管状物870中泵送泡沫所产生的摩擦,并且可以帮助管理各阶段的热效应。例如,通过泡沫形成的混合点,各个阶段的温度可以是均衡的或几乎均衡的。因此,如果对于地下地层的增产在井下需要约5,000psia的压力,那么归因于管状物870中的摩擦,泡沫可以在约8,000psia下从表面泵送。然而,在两个单独阶段的情况下,表面压力可以从表面处约8,000psia降低到约6,000psia或7,000psia。表面压力的下降减少了用于压缩的马力的量,其减少了用于压缩

的燃料量,其可以节约成本和 / 或改善环境影响。

[0040] 在井下提供单独的流体流也可以允许操作员管理各个阶段的热效应,其可以减小在两个极端温度差下引入两种流体所经历的热冲击。例如,热气流可以在超过约 200degF 的温度下提供,而液体流可以在小于约 100degF 但不冰冻的温度下提供。以单独的流体流沿着管状物 870 行进允许在井下进行混合之前均衡或几乎均衡各个阶段的温度。

[0041] 应注意,虽然图 8 中仅示出两种单独的井下流体流,但可以提供多于两种的流体流,以便单独地引入含有固体(如支撑剂)、液相以及气相或其各个组合的液体。还应注意,可以管理环形物 872 中的流体流的压力以便以比管状物 870 中的流体流更高的压力提供流体,以使得流体可以经由混合器 876 进入管状物 870 的内部。

[0042] 本公开内容中引入的系统和方法在不脱离本公开内容的范围的情况下容许各个修改、变化和 / 或增强。例如,可以选择特定材料或涂层来保护管道、压缩机、管状物、井口、套环、密封件以及其它设备免受本公开内容所提出的极端温度和温度差影响。同样地,可以选择特定材料或涂层来保护设备免受由与酸气接触引入的损伤。因此,本公开内容明确地包含其范围内的所有这种修改、变化以及增强。

[0043] 鉴于所有上述内容,本领域技术人员应易于认识到,本公开内容引入一种设备,包括:压裂流体源,所述压裂流体源与延伸到地下地层中的井眼流体连通;天然气源;压缩机,所述压缩机具有与天然气源流体连通的输入端,具有与井眼流体连通的输出端,并且可操作于压缩在输入端处接收到的天然气,以便在输出端处输送;以及液化气源,所述液化气源与井眼流体连通。

[0044] 天然气源可以设置在井眼的可运输的距离 / 千米内。天然气源可以由位于距离压缩机小于约五千米处的井产生天然气。天然气源可以直接耦合到压缩机。天然气源可以位于与井眼相同的地层中。

[0045] 液化气源可以包括液化天然气、液化二氧化碳和 / 或液化氮。设备还可以包括低温泵,所述低温泵可操作于在从液化气源接收到的液化天然气、液化二氧化碳或液化氮传送到井眼之前对从液化气源接收到的液化天然气、液化二氧化碳或液化氮进行加压。低温泵可以以实质上等于或大于压缩机的出口压力的压力对液化天然气、液化二氧化碳或液化氮进行加压。

[0046] 压裂流体源中的压裂流体的压力可以保持高于天然气源中的天然气的压力。

[0047] 设备还可以包括与压缩机、压裂流体源以及井眼流体连通的发泡装置。发泡装置可以可操作于形成包括从压缩机接收到的压缩天然气以及从压裂流体源接收到的压裂流体的发泡流体,以便输送到井眼。发泡装置还可以可操作于接收也用于形成发泡流体的聚合物。发泡装置还可以可操作于接收也用于形成发泡流体的交联聚合物稳定剂。

[0048] 天然气源可以包括含有液化天然气、压缩天然气或气体水合物的压力容器。

[0049] 设备还可以包括在压裂流体源与井眼之间流体连通的压裂泵。压裂泵可以包括与天然气源流体连通的燃烧机。

[0050] 设备还可以包括冷却器,所述冷却器在压缩机的输出端与井眼之间流体连通并且可操作于冷却从压缩机接收到的压缩天然气。

[0051] 在井眼内的压裂操作期间,压缩机可以产生由热回收系统利用的热能。热回收系统可以由压缩机所产生的热能产生电气或机械功率输出。

[0052] 设备还可以包括注射器,所述注射器在压缩机与井眼之间流体连通并且可操作用于在压缩天然气被输送到井眼之前将经加压的冷却化学物质注射到压缩天然气中。冷却化学物质可以包括液化天然气、液化氮和 / 或液化二氧化碳。

[0053] 设备还可以包括注射器,所述注射器在天然气源与压缩机之间流体连通并且可操作用于在从天然气源接收到的天然气被输送到压缩机之前将经加压的冷却化学物质注射到从天然气源接收到的天然气中。冷却化学物质可以包括醇、液化天然气、液化氮和 / 或液化二氧化碳。

[0054] 压缩机的输入端可以是流体输入端,并且设备还可以包括具有可操作地耦合到压缩机的机械输入端的输出轴的动力产生器。动力产生器可以包括与天然气源流体连通的燃烧机。压缩机可以是第一压缩机,动力产生器可以是第一动力产生器,燃烧机可以是第一燃烧机,并且设备还可以包括:第二涡轮机,所述第二涡轮机包括与第一涡轮机和第一燃烧机中的至少一个的废气流体连通的第二燃烧机;以及第二压缩机,所述第二压缩机在第一压缩机的输出端与井眼之间流体连通,并且可操作用于进一步压缩从第一压缩机接收到的压缩天然气。

[0055] 设备还可以包括设置在井眼中的混合器,其中,所述混合器可以与压裂流体源和压缩机流体连通。混合器可以与设置在井眼内的管状物以及界定在管状物与井眼之间的环形流体连通,并且压裂流体源和压缩机可以与管状物和环形物中相应的管状物和环形流体连通。可以管理环形物中的流体流的压力,以便以比管状物中的流体流更高的压力提供流体,以使得流体可以经由管状物中的多个孔口进入管状物的内部。可以管理环形物中的流体流的压力,以便以比管状物中的流体流更低的压力提供流体,以使得流体可以经由管状物中的多个孔口进入环形物的内部。压裂流体源可以与管状物流体连通,并且压缩机可以与环形物流体连通。压缩机可以与管状物流体连通,并且压裂流体源可以与环形物流体连通。管状物可以包括多个孔口,所述多个孔口共同地可操作用于使得能够混合从压裂流体源和压缩机接收到的流体。设备还可以包括设置在环形物中并且形成环形物的井上部分和环形物的井下部分的封隔器,其中,相比于多个孔口,封隔器可以设置在井下更远处。管状物可以是第一管状物,并且设备还可以包括设置在环形物中并且被配置为将物质引导到井眼中的第二管状物。所述物质可以包括液体,所述液体包括固体、液相以及气相中的至少一个。

[0056] 本公开内容还引入一种方法,包括:将天然气从位于井场的天然气源引导到位于井场的压缩机;经由压缩机的操作来压缩天然气;将压缩天然气与从位于井场的压裂流体源接收到的压裂流体混合,从而形成经加压的混合物;以及通过将经加压的混合物引入从井场延伸到地下地层中的井眼中来压裂地下地层。混合可以在井场和 / 或井眼中在至少约 60 米的深度处发生。

[0057] 前文概述了几个实施例的特征,以使得本领域技术人员可以更好地理解本公开内容的方面。本领域技术人员应理解,其可以易于使用本公开内容作为用于设计或修改用于实现本文中所引入的实施例的相同目的和 / 或获得本文中所引入的实施例的相同优点的其它过程和结构的基础。本领域技术人员还应认识到,这种等效构造并不脱离本公开内容的精神和范围,并且其可以在不脱离本公开内容的精神和范围的情况下在本文中进行各种改变、取代以及更改。

[0058] 提供了在本公开内容末尾处的摘要以符合 37C.F.R. § 1.72(b), 以允许读者快速确定技术公开内容的性质。应当理解, 提交的摘要将不会用于解释或限制权利要求的范围或含义。

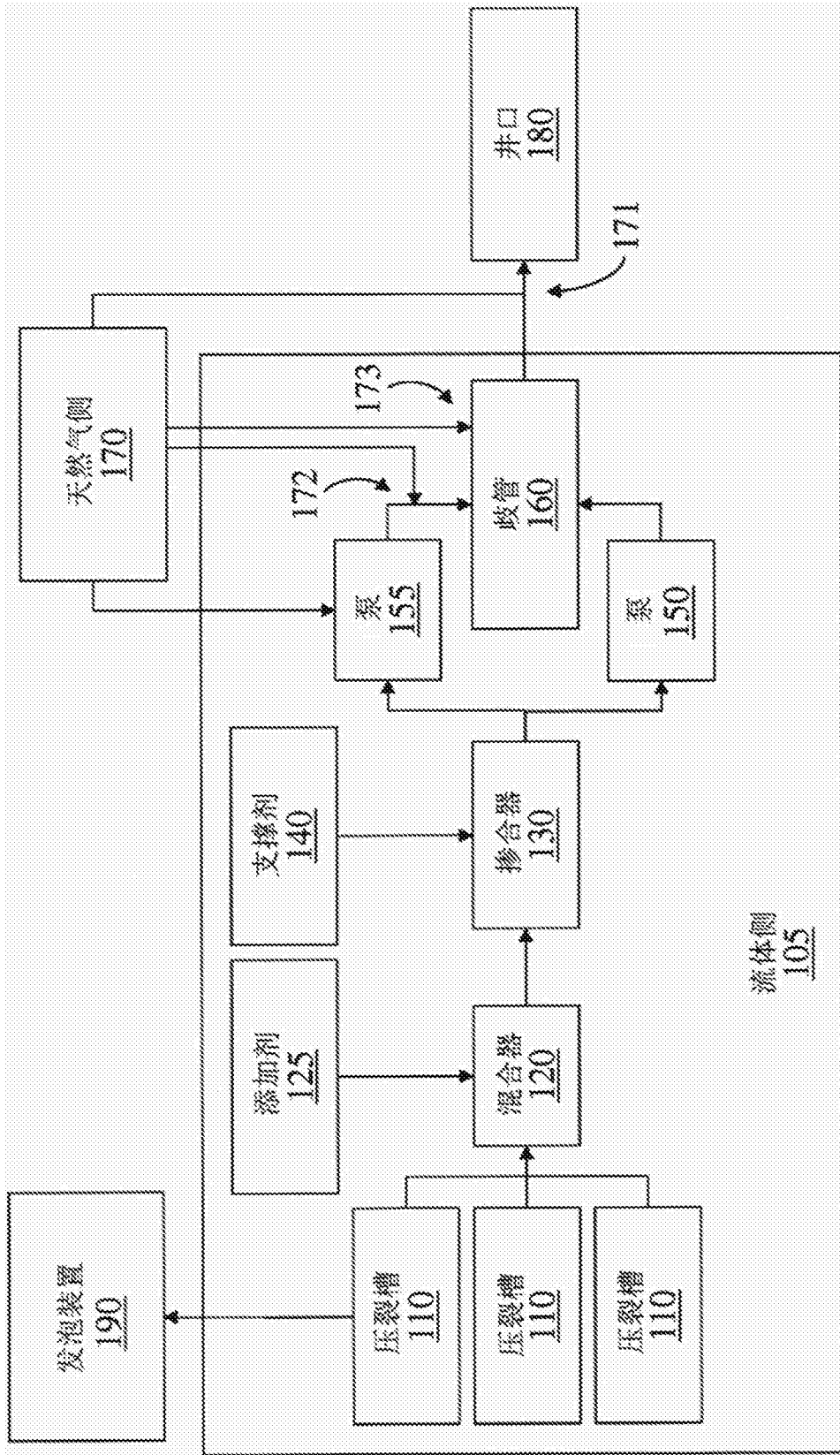


图 1

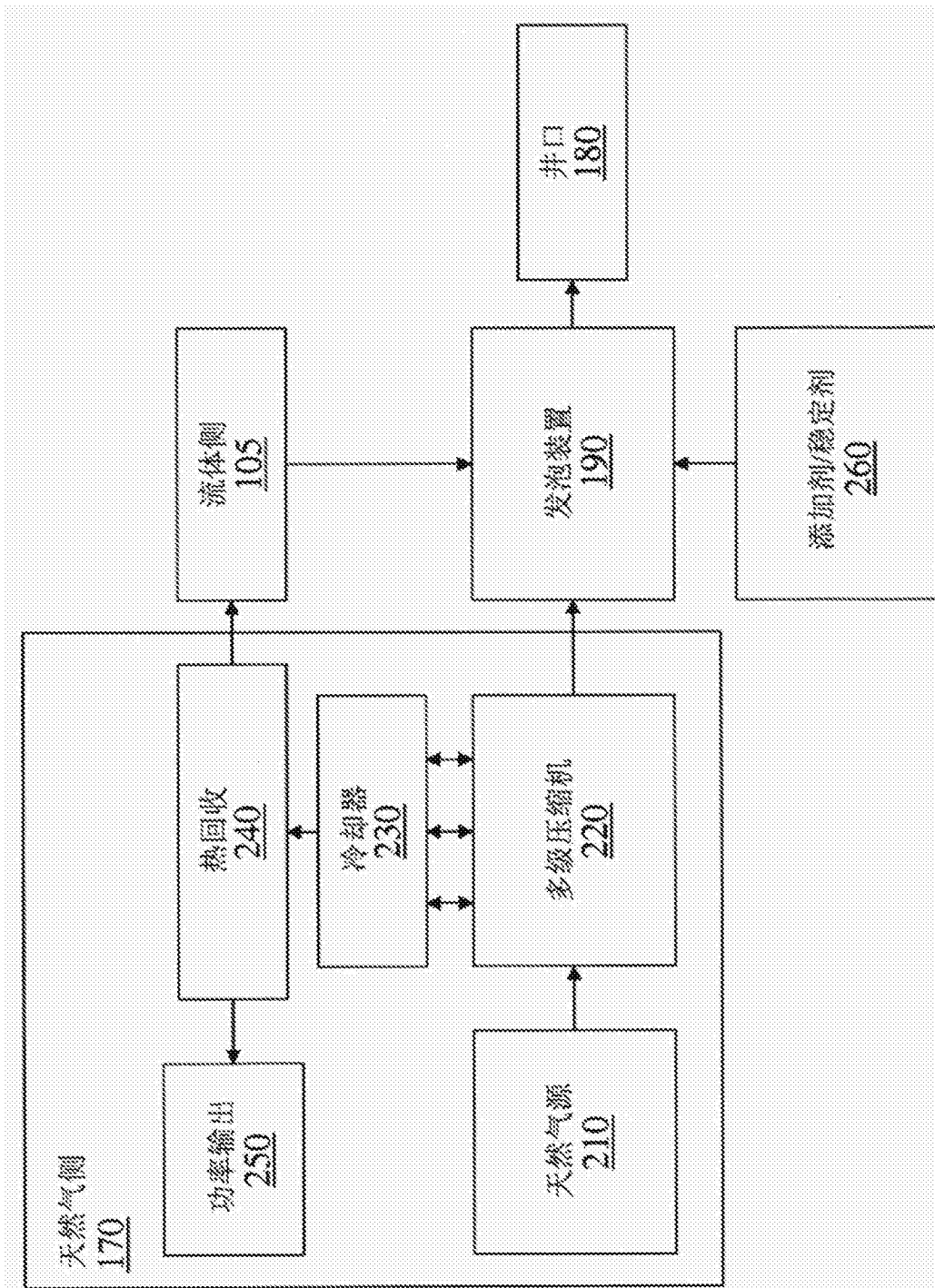


图 2

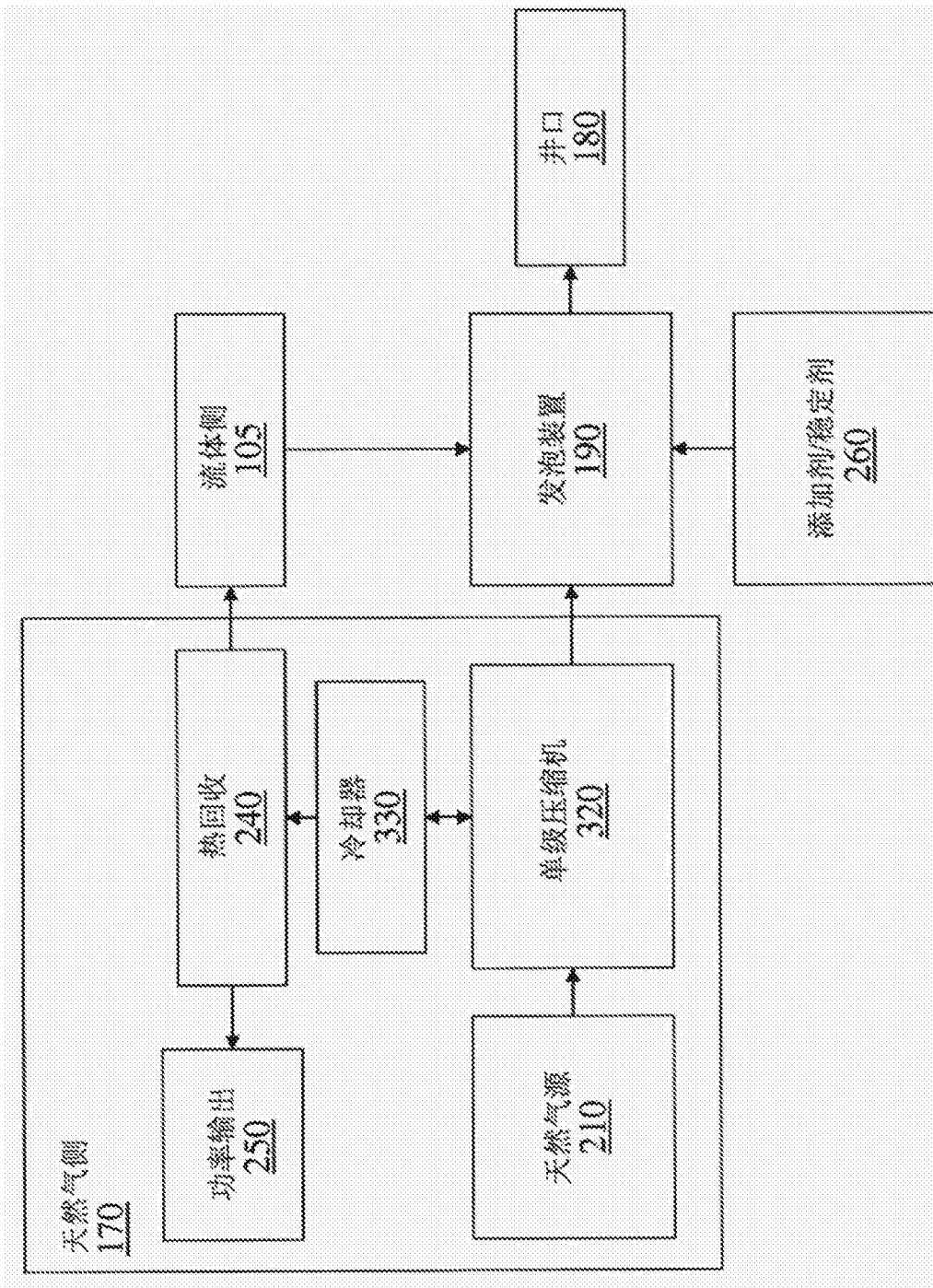


图 3

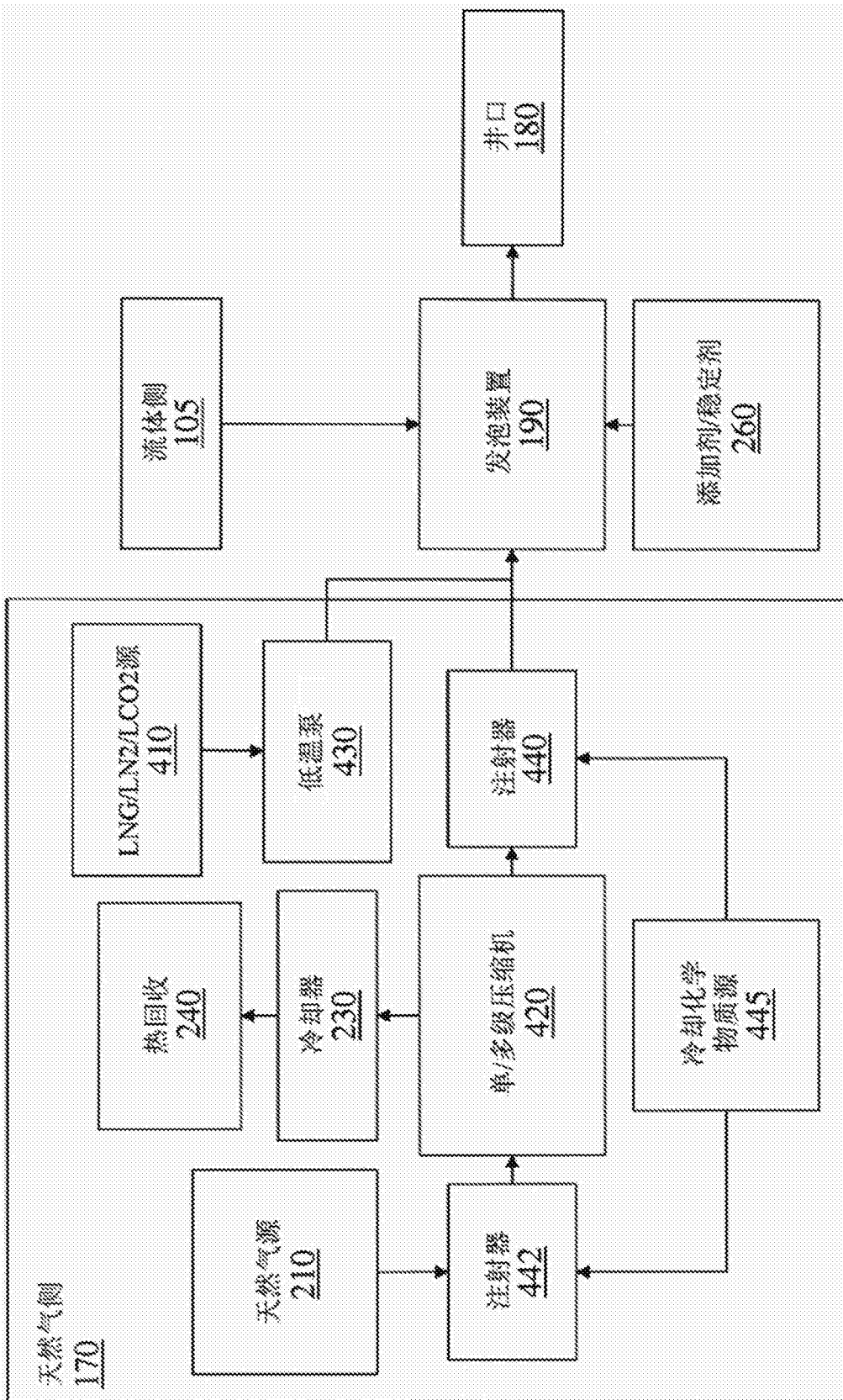


图 4

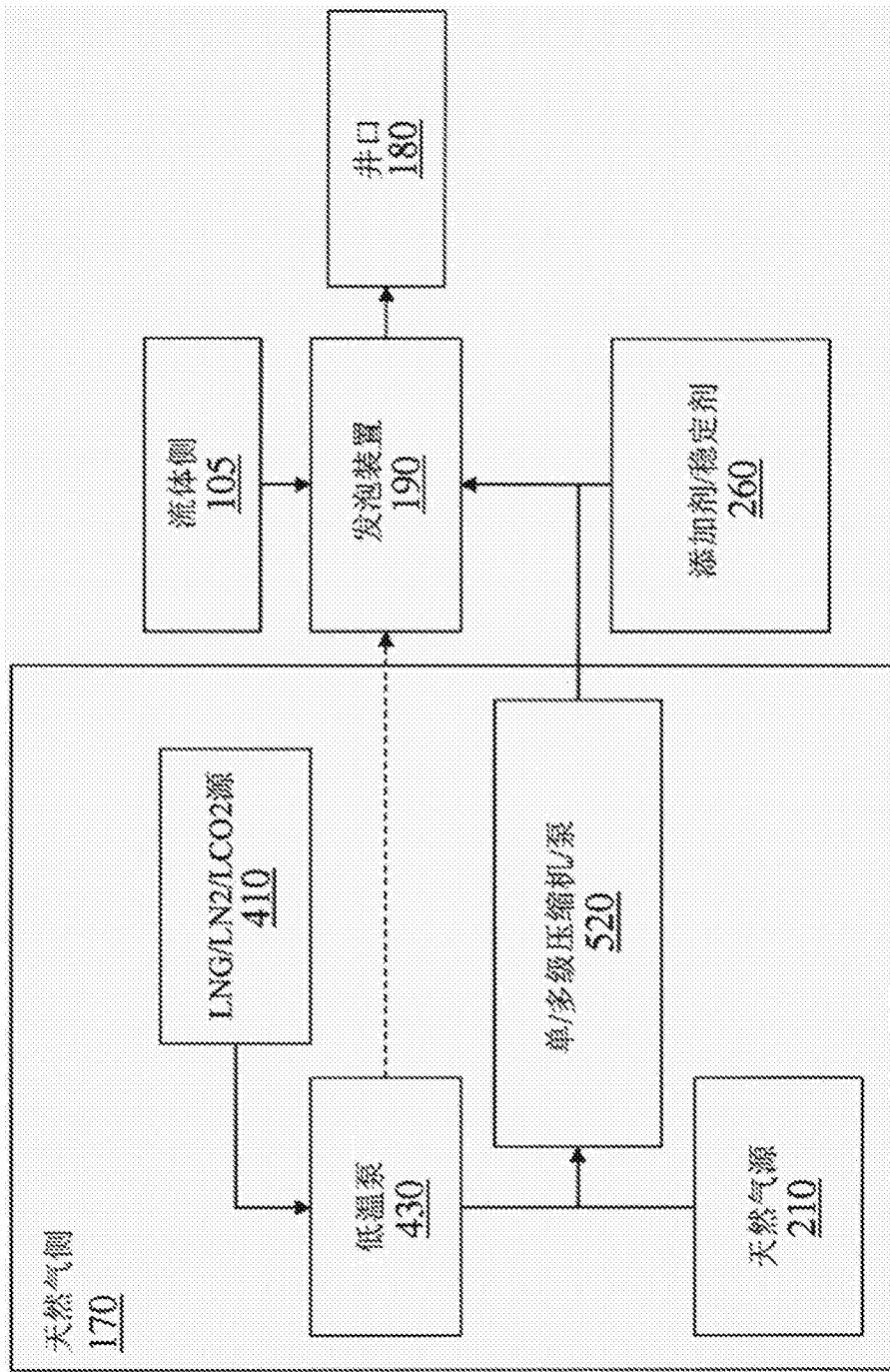


图 5

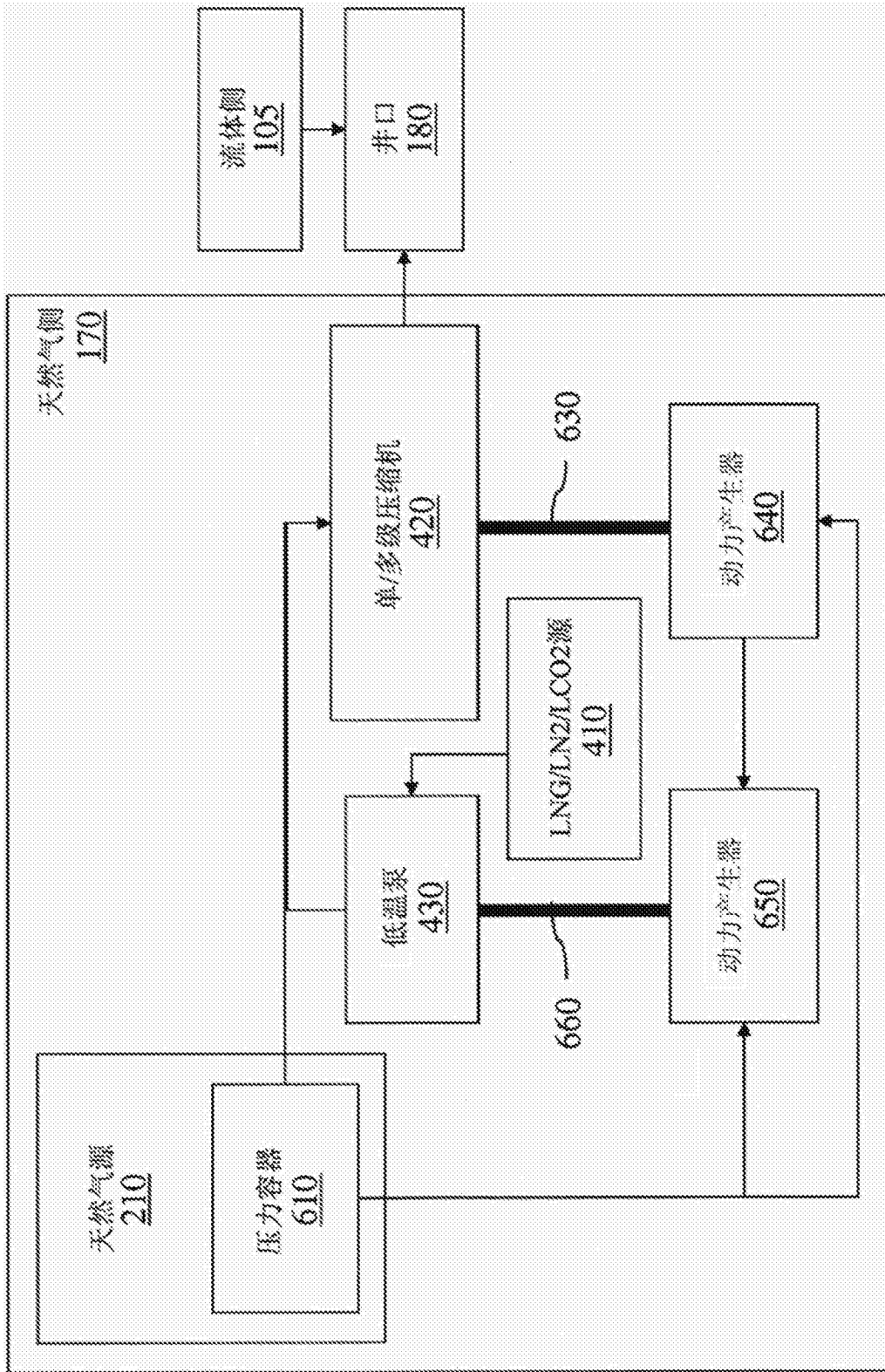


图 6

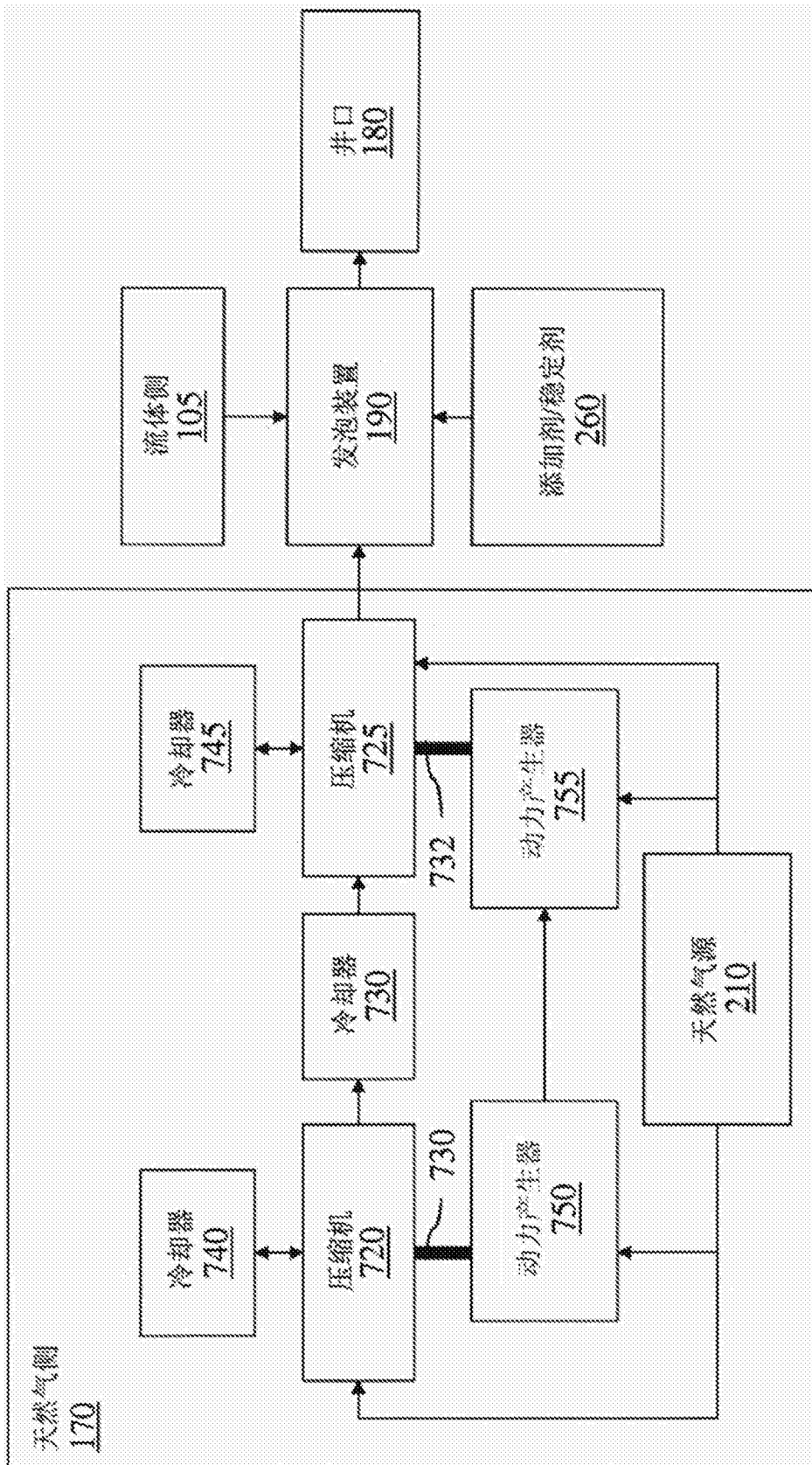


图 7

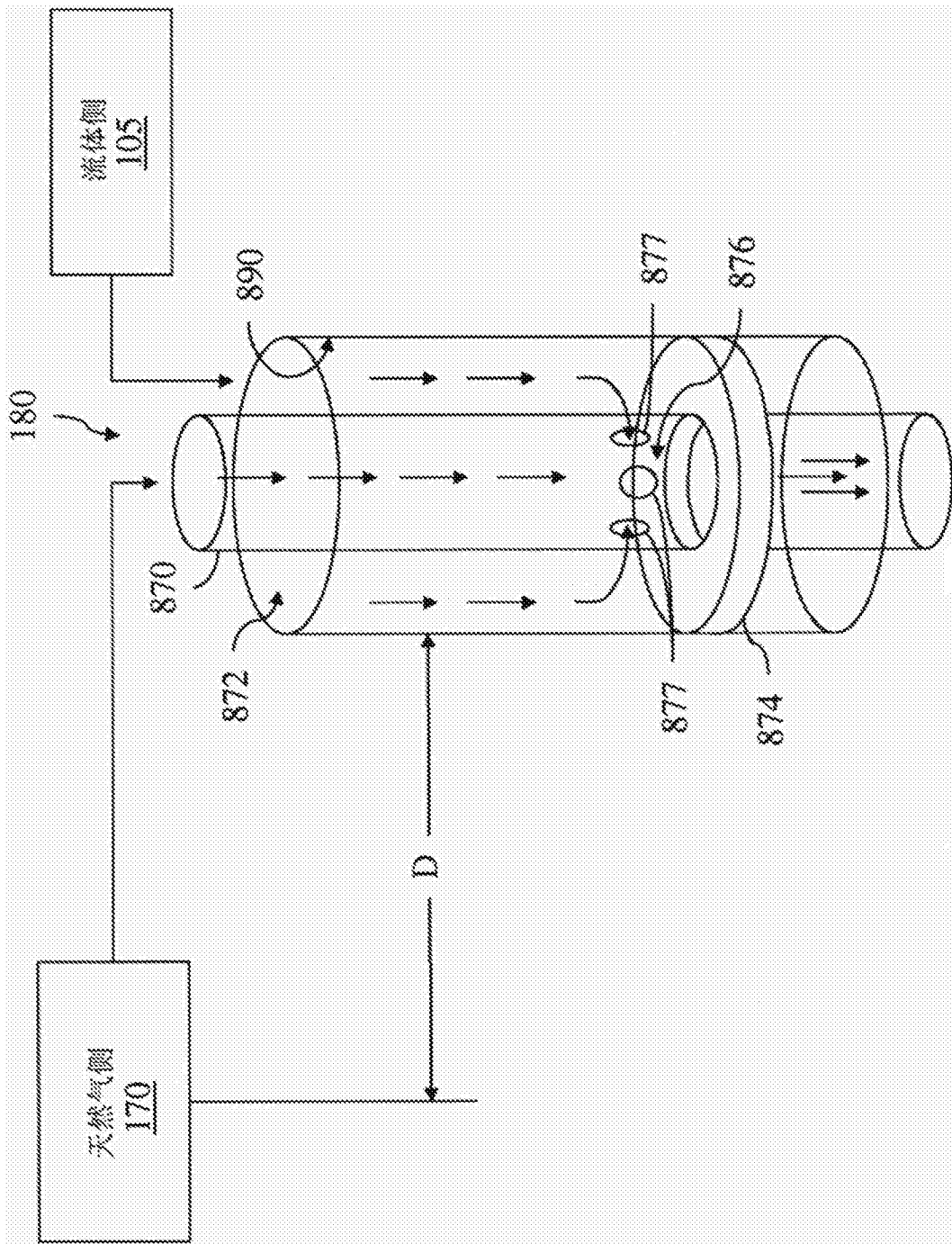


图 8

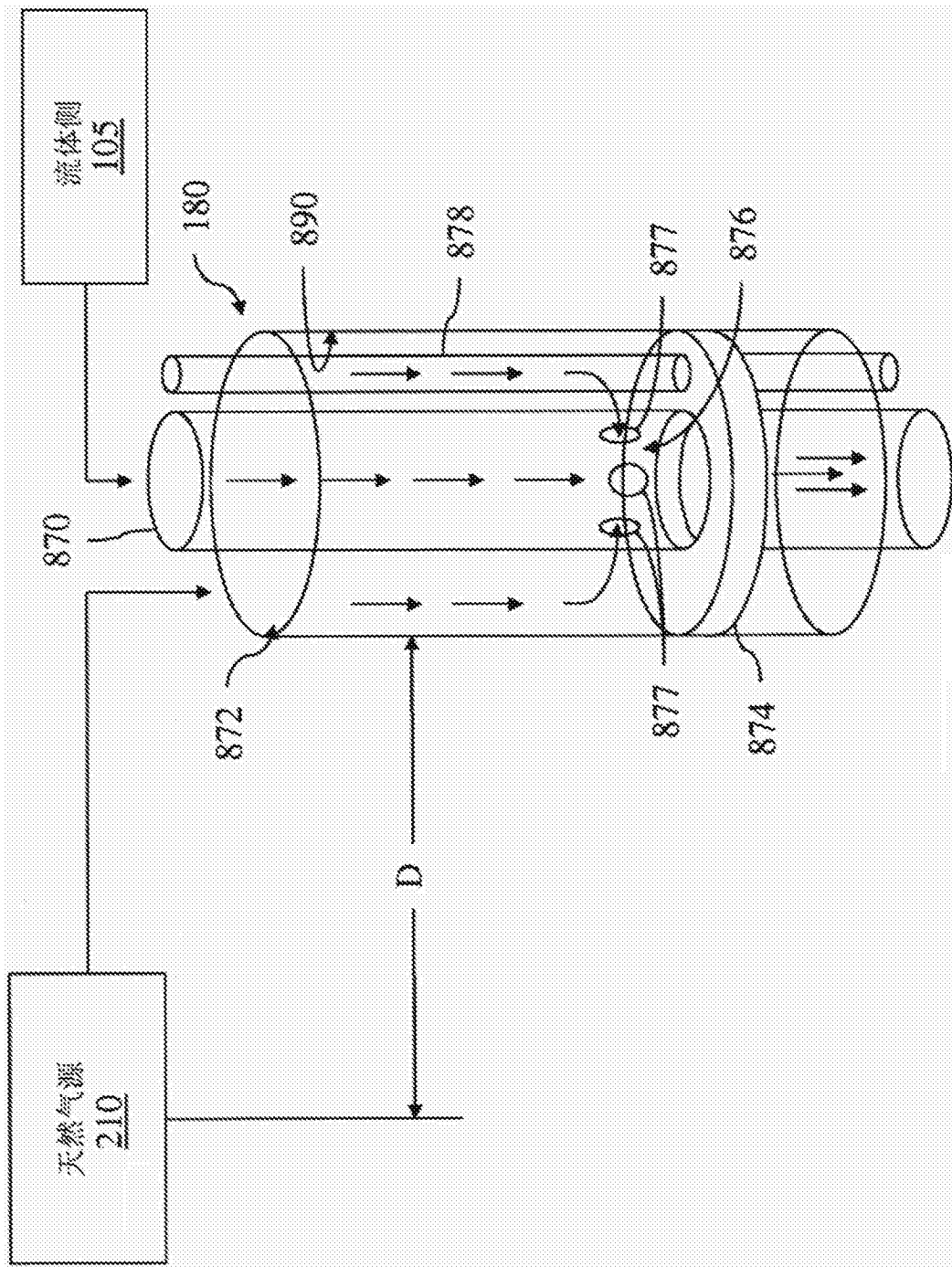


图 9