



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109564061 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 201780049436.1

(22) 申请日 2017.06.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109564061 A

(43) 申请公布日 2019.04.02

(30) 优先权数据  
62/356,955 2016.06.30 US  
15/635,919 2017.06.28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.02.12

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/039861 2017.06.29

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/005719 EN 2018.01.04

(73) 专利权人 乔治洛德方法研究和开发液化空气有限公司

地址 法国巴黎

(72) 发明人 保罗·孔 范惠明 温迪·伊普

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

代理人 吴鹏 马江立

(51) Int.Cl.  
F25J 3/04 (2006.01)

审查员 王佳颖

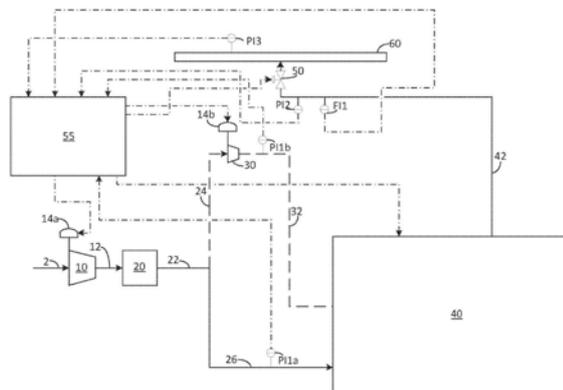
权利要求书3页 说明书15页 附图6页

(54) 发明名称

用于通过低温分离空气以可变液体产量和功率使用来产生空气气体的方法和设备

(57) 摘要

一种用于通过低温分离空气来产生空气气体的方法和设备,该方法可以包括以下步骤:在对于低温分离经净化且经压缩的空气流有效的条件下将该空气流输送至冷箱中以使用塔系统来形成空气气体产物,其中,该经净化且经压缩的空气流在进入该冷箱中时处于给送压力;抽出处于产物压力下的氧;以递送压力将氧递送至氧管道中,其中,该氧管道具有管道压力;并且监测该管道压力。该方法还可以包括控制器,该控制器被配置用于判定以功率节省模式还是以可变液体产量模式来操作。通过以动态方式来操作该方法,可以在管道压力偏离其最高值的情形下实现功率节省和/或额外的高价值低温液体。



1. 一种用于通过低温分离空气来产生空气气体的方法,该方法包括以下步骤:

a) 将空气(2)压缩(10)到适合于对空气进行低温精馏的压力以产生经压缩的湿润空气流(12),该经压缩的湿润空气流具有第一压力 $P_0$ ;

b) 在前端净化系统(20)内从该经压缩的湿润空气流中净化出水和二氧化碳,以产生与该经压缩的湿润空气流(12)相比具有减少量的水和二氧化碳的干燥空气流(22);

c) 在增压压缩机(30)中压缩该干燥空气流的第一部分(24)以形成增压空气流(32),该增压空气流具有第一增压压力 $P_{B1}$ ;

d) 在对于分离空气有效的条件下,将该干燥空气流的第二部分(26)和该增压空气流(32)引入冷箱(40)中以形成空气气体产物(42),其中,该空气气体产物选自由以下各项组成的组:氧、氮、及其组合;

e) 从该冷箱中抽出该空气气体产物,该空气气体产物具有第一产物压力 $P_{P1}$ ;

f) 将该空气气体产物引入管道(60)中,其中,该管道被配置用于将该空气气体产物输送至位于该管道下游的位置,其中,该管道在管道压力 $P_{PL}$ 下操作,其中,该空气气体产物在第一递送压力 $P_{D1}$ 下被引入该管道中;

g) 监测该管道内的管道压力 $P_{PL}$ (PI3);

h) 确定使用步骤g)的管道压力 $P_{PL}$ 进行的操作模式,其中,该操作模式选自由以下各项组成的组:可变功率使用、可变液体产量、及其组合,

其中,在该操作模式是可变功率使用的时间段期间,该方法进一步包括以下步骤:

i) 基于该管道压力 $P_{PL}$ 来调节该冷箱内的一个或多个压力设定点,

其中,在该操作模式是可变液体产量的时间段期间,该方法进一步包括以下步骤:

j) 基于该管道压力 $P_{PL}$ 来调节该冷箱的一个或多个压力设定点;并且

k) 基于在步骤j)中调节的该一个或多个压力设定点来调节该冷箱的液体产量。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,该确定该操作模式的步骤进一步包括:提供过程控制器(55),该过程控制器被配置用于访问选自下组的过程条件,该组由实时电价数据、本地液体库存、及其组合组成。

3. 如以上权利要求中任一项所述的方法,其中,步骤i)和j)的该一个或多个压力设定点是第一产物压力 $P_{P1}$ 。

4. 如权利要求1或2所述的方法,其中,在该操作模式是可变液体产量的时间段期间,在步骤j)和k)期间,该第一增压压力 $P_{B1}$ 保持基本上恒定。

5. 如权利要求1或2所述的方法,其中,在该操作模式是可变功率使用的时间段期间,将该第一增压压力 $P_{B1}$ 调节成使得该第一递送压力 $P_{D1}$ 与该管道压力 $P_{PL}$ 之差低于给定阈值。

6. 如权利要求1或2所述的方法,其中,该冷箱包括:主热交换器(80);具有由低压塔(140)和高压塔(120)构成的双塔(110)的塔系统;被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器(150);以及液氧泵(160)。

7. 如权利要求6所述的方法,其中,该空气气体产物是氧,并且该管道是氧管道,并且其中,该液氧泵将来自该低压塔的液氧加压至该第一产物压力 $P_{P1}$ 。

8. 如权利要求1或2所述的方法,其中,基于所监测到的管道压力 $P_{PL}$ 来调节该第一产物压力 $P_{P1}$ 。

9. 如权利要求8所述的方法,其中,基于该第一产物压力 $P_{P1}$ 来调节该第一增压压力 $P_{B1}$ 。

10. 如权利要求5所述的方法,其中,该给定阈值小于5psi。

11. 如权利要求5所述的方法,其中,该给定阈值小于3psi。

12. 一种用于通过低温分离空气来产生空气气体的方法,该方法包括第一操作模式和第二操作模式,其中,在该第一操作模式和该第二操作模式期间,该方法包括以下步骤:

在对于低温分离经净化且经压缩的空气流(26,32)有效的条件下将该空气流输送至冷箱(40)中以使用塔系统(110)来形成空气气体产物(42),其中,该经净化且经压缩的空气流在进入该冷箱中时处于给送压力 $P_F$ ,其中,该空气气体产物选自由以下各项组成的组:氧、氮、及其组合;

从该冷箱中抽出处于产物压力 $P_{P0}$ 下的该空气气体产物;

以递送压力 $P_{D0}$ 将该空气气体产物递送至空气气体管道(60),其中,该空气气体管道具有管道压力 $P_{PL}$ ;

监测该管道压力 $P_{PL}$ (PI3);

其中,在该第一操作模式期间,该方法进一步包括以下步骤:

减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差;

其中,在该第二操作模式期间,该方法进一步包括以下步骤:

减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差;并且

调节该冷箱的液体产量,

其中,该空气气体产物是氧,该冷箱包括:主热交换器;具有由低压塔和高压塔构成的双塔的塔系统;被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器;以及液氧泵,

其中在这两种操作模式期间,该方法进一步包括在冷箱上游提供主空气压缩机的步骤,

其中在第一操作模式期间,减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括以下步骤:调节液氧泵的操作和主空气压缩机的操作,从而调节产物压力 $P_{P0}$ 和给送压力 $P_F$ ,

其中在第二操作模式期间,减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括以下步骤:调节液氧泵的操作同时将主空气压缩机的操作维持基本上恒定,从而调节产物压力 $P_{P0}$ 而同时将给送压力 $P_F$ 保持基本上恒定。

13. 如权利要求12所述的方法,其中,该减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括:在该冷箱内时调节该产物压力 $P_{P0}$ 。

14. 如权利要求12或13所述的方法,其中,该减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括:调节该给送压力 $P_F$ (14a,14b)的步骤。

15. 如权利要求12或13所述的方法,其中,所述调节该冷箱的液体产量的步骤进一步包括:将该给送压力 $P_F$ 维持基本上恒定的步骤。

16. 一种用于通过低温分离空气来产生空气气体的设备,该设备包括:

a) 主空气压缩机(10),该主空气压缩机被配置用于将空气(2)压缩到适合于对该空气进行低温精馏的压力以产生经压缩的湿润空气流(12),该经压缩的湿润空气流具有第一压力 $P_0$ ;

b) 前端净化系统(20),该前端净化系统被配置用于从该经压缩的湿润空气流中净化出水和二氧化碳以产生与该经压缩的湿润空气流相比具有减少量的水和二氧化碳的干燥空气流(22);

c) 与该前端净化系统处于流体连通的增压压缩机(30),其中,该增压压缩机被配置用于压缩该干燥空气流的第一部分(24)以形成增压空气流,该增压空气流具有第一增压压力 $P_{B1}$ ;

d) 冷箱(40),该冷箱包括:主热交换器(80);具有由低压塔(140)和高压塔(120)构成的双塔(110)的塔系统;被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器(150);以及液氧泵(160),其中,该冷箱被配置用于在对于分离空气有效的条件下接收该增压空气流(32)和该干燥空气流的第二部分(26)以形成空气气体产物(42),其中,该空气气体产物选自由以下各项组成的组:氧、氮、及其组合;

e) 用于监测管道(60)的压力的装置(PI3),其中,该管道与该冷箱处于流体连通,使得该管道被配置用于接收来自该冷箱的空气气体产物,该空气气体产物具有第一产物压力 $P_{P1}$ ,其中,该空气气体产物在第一递送压力 $P_{D1}$ 下被引入该管道中;以及

f) 被配置用于基于所监测到的管道压力来调节该设备的一个或多个压力设定点的过程控制器(55),其中,该设备的该一个或多个压力设定点选自由以下各项组成的组:该液氧泵(160)的排放压力、该增压空气压缩机(30)的排放压力、该主空气压缩机(10)的排放压力、及其组合;

其中该过程控制器进一步被配置用于调节该冷箱的液体产量;以及

其中该过程控制器进一步被配置用于在第一操作模式与第二操作模式之间进行选择,其中,该第一操作模式实现功率节省,其中,该第二操作模式实现增大的液体产量。

17. 如权利要求16所述的设备,其中,该过程控制器进一步被配置用于访问选自下组的过程条件,该组由实时电价数据、本地液体库存、及其组合组成。

18. 如权利要求16或17所述的设备,其中,在该第二操作模式期间,该过程控制器被配置用于在调节该液氧泵的排放压力的同时将该第一增压压力 $P_{B1}$ 维持基本上恒定。

19. 如权利要求16或17所述的设备,其中,在该第一操作模式期间,该过程控制器被配置用于将该第一产物压力 $P_{P1}$ 调节成使得该第一产物压力 $P_{P1}$ 与该第一递送压力 $P_{D1}$ 之差低于给定阈值。

20. 如权利要求19所述的设备,其中,该给定阈值小于5psi。

21. 如权利要求19所述的设备,其中,该给定阈值小于3psi。

22. 如权利要求16或17所述的设备,其中,在操作模式是可变液体产量的时间段期间,该第一增压压力 $P_{B1}$ 保持基本上恒定。

## 用于通过低温分离空气以可变液体产量和功率使用来产生空气气体的方法和设备

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于2016年6月30日提交的美国临时申请序列号62/356,962的优先权,该申请的全部内容通过援引并入本文。

### 技术领域

[0003] 本发明总体上涉及一种用于有效地操作空气分离装置的方法和设备,该空气分离装置将其产物中的至少一种给送至外部管道。

### 背景技术

[0004] 空气分离装置将大气分离成其主要成分:氮气和氧气,偶尔还有氩气、氙气和氡气。这些气体有时被称为空气气体。

[0005] 典型的低温空气分离过程可以包括以下步骤:(1)将空气过滤以去除可能损坏主空气压缩机的大颗粒;(2)在主空气压缩机中压缩经预先过滤的空气、并且使用级间冷却来从经压缩空气中冷凝出一些水;(3)使经压缩空气流穿过前端净化单元以去除残余水和二氧化碳;(4)在热交换器中通过与来自低温蒸馏塔的工艺流的间接热交换来冷却经净化空气;(5)将冷空气的至少一部分膨胀以便为该系统提供制冷;(6)将该冷空气引入蒸馏塔中在其中进行精馏;(7)从塔顶收集氮(典型地作为气体)并从塔底作为液体来收集氧。

[0006] 在某些情况下,空气分离单元(“ASU”)可以用于将其一种空气气体供应给附近的管道(例如,氧或氮管道),以供应一个或多个不是紧邻ASU的客户。在供应本地管道的典型ASU中,通常使用利用了内部压缩(泵送)循环的过程配置,在氧管道的情况下,这意味着从低压塔产生的液态氧从低压泵送至比该管道的压力更高的压力并在热交换器内汽化、最常见的是相对于来自增压空气压缩机(“BAC”)或来自主空气压缩机(“MAC”)的高压空气流。如在此使用的,增压空气压缩机是位于净化单元下游的二级空气压缩机,该二级空气压缩机用于将主空气进料的一部分增压以用于将产物液态氧流有效汽化的目的。

[0007] 在正常条件下,向氧管道给送氧的ASU被设计用于在恒定压力下产生氧。这是因为ASU在稳态条件下运行效率最高。然而,管道并不在恒定压力下操作。例如,在一天内,氧管道在400和600psig之间(即,约200psig的压力变化)操作并不罕见。这可能由于变化的客户需求、对管道的变化的供应和/或变化的管道液压而发生。

[0008] 在迄今已知的现有技术中,通常做法是将ASU设计成在高于管道预期的最高压力的恒定压力下提供氧气。为了解决与管道压力变化相关的问题,通常做法是在将氧气引入管道之前降低控制阀上的气态氧压力以大致匹配该管道的压力。然而,只要管道压力低于ASU的设计压力,该方法就会出现效率低下的问题。因此,有利的是提供一种以更有效的方式运行的方法和设备。

## 发明内容

[0009] 本发明是一种针对满足这些需求中的至少一个需求的方法和设备。

[0010] 在一个实施例中,本发明可以包括一种用于调节空气气体(例如,氮和氧)的(多个)产生压力以符合管道的压力,由此在管道压力减小时减小功率消耗和/或增大液体产量的方法。

[0011] 在一个实施例中,可以通过将ASU中使用的设备(例如,主热交换器、液氧(“LOX”)泵、BAC、MAC等)设计成具有足够灵活性而能够在基于管道压力的不同压力水平下递送气态氧(“GOX”),来将这种低效率问题最小化。在另一个实施例中,该方法和设备可以包括过程控制策略以自动地且连续地调节从主热交换器出来的GOX产物压力以符合管道压力。

[0012] 在另一个实施例中,由于可以将GOX产物压力调节成与氧管道相匹配,因此可以将BAC的排放压力调节成与经加压的LOX的加热曲线相匹配。本领域技术人员还认识到,如果该单元不使用BAC,则可以用类似的方式来调节MAC的排放压力。

[0013] 在一个特定的实施例中,该设备可以包括被设定为100%打开的自动管道GOX给送阀,其中GOX流量是由流量指示器控制器(“FIC”)控制的,该控制器可操作来随着LOX泵速度而引起变化。BAC的排放压力可以基于实际ASU GOX压力、通过控制环路、优选前馈控制环路实现。随着管道压力减小,BAC、以及LOX泵的排放压力将减小,由此提供显著的功率节省。

[0014] 另外,由于这些动态过程条件,整个ASU过程的稳定性不会受到影响。这主要是由于ASU的动力学比管道更快,因为管道通常包含如此大体积的气体;压力变化相对而言慢。

[0015] 在其他实施例中,管道可以是被供以高压气态氮(“GAN”)的氮管道,该高压气态氮通过内部压缩过程而产生。该控制策略还可以使用可以允许GOX和/或GAN压力自动遵循管道的任何替代性控制方案来实施。例如,可以通过控制到管道的产物控制阀上的压力差来调节ASU产物压力以遵循管道。在一个实施例中,产物控制阀上的压力差小于5psi。在另一个实施例中,ASU产物压力在管道压力的5psi内,由此允许产物控制阀保持完全打开,从而将产物控制阀上的压力损失最小化。

[0016] 在另一个实施例中,该方法可以通过基于管道压力的变化来改变液体产量水平而进一步克服低效率。在本发明的某些实施例中,通过将包括主交换器、LOX泵、MAC以及BAC等在内的设备设计成具有足够灵活性而能够根据管道压力来递送不同压力水平的GOX、并且通过实施过程控制策略来自动且连续地调节GOX产物压力以符合管道压力,消除了这种低效率。在该特定实现方式中,自动管道GOX给送阀可以设定为100%打开,并且GOX流量可以通过操纵LOX泵速度的流量指示器控制器(“FIC”)来控制。递送点处的GOX管道越低,来自冷箱的GOX压力就越低。

[0017] 通过降低来自冷箱的GOX产物压力可以实现的一个效率增益是,在不改变MAC或BAC的操作条件设定点的情况下,增加液态产物(液态氧(“LOX”)和/或液态氮(“LIN”))的产量。通过减少制冷损失实现了额外的液体产量。例如,通过在减压下运行LOX泵,LOX泵将对该过程产生较少的热量输入。另外,LOX的降低的压力产生自由压缩的较少制冷损失。第三,穿过热交换器的较低压力LOX在热交换器内产生较小的暖端温差损失,这实现了额外冷度回收的增益。所有这三个因素都有助于提供额外的可用制冷,从而允许实现增加的液体产量(例如,液态氮和/或液态氧)。值得注意的是,这种增加的制冷不需要任何额外的压缩或膨胀步骤,并且因此,在功率使用方面没有典型增加的情况下实现了额外的液体产量。

[0018] 例如,当来自液氧泵的氧产物降低至450psig时,产生600psig GOX的1500st/d O<sub>2</sub>ASU可以产生约4150scfh的额外液态氮。ASU过程的整体稳定性不会受到这种压力变化的影响,因为ASU过程的动力学通常比管道更快,并且管道通常本质上包含大的缓冲器并且压力变化只能缓慢地发生。

[0019] 虽然仅针对被送到氧管道的GOX产物描述了本发明的某些实施方案,但是该概念可以容易地应用于通过内部压缩过程产生的任何产物,例如高压气态氮(GAN)。该控制策略可以使用可以允许GOX和/或GAN压力自动遵循管道的任何替代性控制方案来容易地实施。例如,可以通过控制到管道的产物控制阀上的压力差来调节ASU产物压力以遵循管道。例如,代替直接测量来自冷箱的气态产物的压力,使用者可以测量产物控制阀上的压降,并且使用控制装置来通过调节从该冷箱出来的气体的压力而获得控制阀上的压降的希望设定点(例如,如果GOX是产物流,则可以调节液氧泵直至产物控制阀上的压降处于或低于希望阈值)。

[0020] 在一个实施例中,产物控制阀上的压力差小于5psi、更优选地小于3psi、更优选地小于1psi。在另一个实施例中,ASU产物压力在管道压力的5psi内,由此允许产物控制阀保持完全打开,从而将产物控制阀上的压力损失最小化。在另一个实施例中,产物控制阀上的压力差小于管道压力的2%、优选地1%、更优选地0.5%。理想地,产物控制阀上的压降接近零。

[0021] 在一个实施例中,一种用于通过低温分离空气以可变液体产量和功率消耗来产生空气气体的方法可以包括以下步骤:

[0022] a) 将空气压缩到适合于将该空气进行低温精馏以产生经压缩的湿润空气流的压力,该经压缩的湿润空气流具有第一压力P<sub>0</sub>;

[0023] b) 在前端净化系统内从该经压缩的湿润空气流中净化出水和二氧化碳,以产生与该经压缩的湿润空气流相比具有减少量的水和二氧化碳的干燥空气流;

[0024] c) 在增压压缩机中压缩该干燥空气流的第一部分以形成增压空气流,该增压空气流具有第一增压压力P<sub>B1</sub>;

[0025] d) 在有效分离空气的条件下,将该干燥空气流的第二部分和该增压空气流引入冷箱中以形成空气气体产物,其中,该空气气体产物选自由以下各项组成的组:氧、氮、及其组合;

[0026] e) 从该冷箱中抽出该空气气体产物,该空气气体产物具有第一产物压力P<sub>P1</sub>;

[0027] f) 将该空气气体产物引入管道中,其中该管道被配置用于将该空气气体产物输送至位于该管道下游的位置,其中该管道在管道压力P<sub>PL</sub>下操作,其中,该空气气体产物在第一递送压力P<sub>D1</sub>下被引入该管道中;

[0028] g) 监测该管道内的管道压力P<sub>PL</sub>;并且

[0029] h) 确定使用步骤g)的管道压力P<sub>PL</sub>进行的操作模式,其中,该操作模式选自由以下各项组成的组:可变功率使用、可变液体产量、及其组合,

[0030] 其中,在该操作模式是可变功率使用的时间段期间,该方法进一步包括以下步骤:

[0031] i) 基于该管道压力P<sub>PL</sub>来调节该冷箱内的一个或多个压力设定点,

[0032] 其中,在该操作模式是可变液体产量的时间段期间,该方法进一步包括以下步骤:

[0033] j) 基于该管道压力P<sub>PL</sub>来调节该冷箱的一个或多个压力设定点,并且

[0034] k) 基于在步骤j)中调节的该一个或多个压力设定点来调节来自该冷箱的液体产量。

[0035] 在用于通过低温分离空气来产生空气气体的方法的可选实施例中：

[0036] • 确定操作模式的步骤进一步包括：提供过程控制器，该过程控制器被配置用于访问选自下组的过程条件，该组由实时电价数据、本地液体库存、及其组合组成；

[0037] • 步骤i)和j)的该一个或多个压力设定点是第一产物压力 $P_{P1}$ ；

[0038] • 在该操作模式是可变液体产量的时间段期间，在步骤j)和k)期间，该第一增压压力 $P_{B1}$ 保持基本上恒定；

[0039] • 在该操作模式是可变功率使用的时间段期间，将该第一增压压力 $P_{B1}$ 调节成使得第一递送压力 $P_{D1}$ 与管道压力 $P_{PL}$ 之差低于给定阈值；

[0040] • 该阈值小于5psi、优选地小于3psi；

[0041] • 该冷箱包括：主热交换器；具有由低压塔和高压塔构成的双塔的塔系统；被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器；以及液氧泵；

[0042] • 该空气气体产物是氧，并且该管道是氧管道；

[0043] • 该液氧泵将来自该低压塔的液态氧加压至该第一产物压力 $P_{P1}$ ；

[0044] • 基于所监测到的管道压力 $P_{PL}$ 来调节该第一产物压力 $P_{P1}$ ；

[0045] • 基于该第一产物压力 $P_{P1}$ 来调节该第一增压压力 $P_{B1}$ ；和/或

[0046] • 该空气气体产物是氮，并且该管道是氮管道。

[0047] 在本发明的另一个方面，一种用于通过低温分离空气来产生空气气体的方法可以包括第一操作模式和第二操作模式，其中，在该第一操作模式和该第二操作模式期间，该方法包括以下步骤：在对于低温分离经净化且经压缩的空气流有效的条件下将该空气流输送至冷箱中以使用塔系统来形成空气气体产物，其中，该经净化且经压缩的空气流在进入该冷箱中时处于给送压力 $P_F$ ，其中，该空气气体产物选自由以下各项组成的组：氧、氮、及其组合；在产物压力 $P_{P0}$ 下抽出该空气气体产物；以递送压力 $P_{D0}$ 将该空气气体产物递送至空气气体管道，其中，该空气气体管道具有管道压力 $P_{PL}$ ；监测该管道压力 $P_{PL}$ ；其中，在该第二操作模式期间，该方法进一步包括以下步骤：减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差；并且调节来自该冷箱的液体产量。

[0048] 在用于通过低温分离空气来产生空气气体的方法的可选实施例中：

[0049] • 减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括：调节该产物压力 $P_{P0}$ ；

[0050] • 减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括：调节该给送压力 $P_F$ 的步骤；

[0051] • 调节来自该冷箱的液体产量的步骤进一步包括：将该给送压力 $P_F$ 维持基本上恒定的步骤；

[0052] • 该产物压力 $P_{P0}$ 和该递送压力 $P_{D0}$ 基本上相同；

[0053] • 该空气气体产物是氧，其中，该冷箱包括：主热交换器；具有由低压塔和高压塔构成的双塔的塔系统；被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器；以及液氧泵；

[0054] • 该冷箱进一步包括气态氧(GOX)给送阀，其中，该GOX给送阀与该液氧泵的出口以及该空气气体管道的入口处于流体连通；

[0055] • 减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤包括:不调节该GOX给送阀;

[0056] • 减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤包括:将该GOX给送阀维持成完全打开;

[0057] • 该方法还可以包括:在这两种操作模式期间在该冷箱上游提供主空气压缩机的步骤,其中,在该第一操作模式期间,减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括以下步骤:调节该液氧泵的操作和该主空气压缩机的操作,从而调节该产物压力 $P_{P0}$ 和该给送压力 $P_F$ ,并且其中,在该第二操作模式期间,减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括以下步骤:调节该液氧泵的操作同时将该主空气压缩机的操作维持基本上恒定,从而调节该产物压力 $P_{P0}$ 而同时将该给送压力 $P_F$ 保持基本上恒定;和/或

[0058] • 该方法还可以包括:在这两种操作模式期间在该冷箱上游提供主空气压缩机的步骤,其中,在该第一操作模式期间,减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括以下步骤:调节该液氧泵的操作和该增压压缩机的操作,从而调节该产物压力 $P_{P0}$ 和该给送压力 $P_F$ ,并且其中,在该第二操作模式期间,减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差的步骤进一步包括以下步骤:调节该液氧泵的操作同时将该增压压缩机的操作维持基本上恒定,从而调节该产物压力 $P_{P0}$ 而同时将该给送压力 $P_F$ 保持基本上恒定。

[0059] 在本发明的另一个方面,提供了一种设备。在这个实施例中,该设备可以包括:

[0060] a) 主空气压缩机,该主空气压缩机被配置用于将空气压缩到适合于将该空气进行低温精馏以产生经压缩的湿润空气流的压力,该经压缩的湿润空气流具有第一压力 $P_0$ ;

[0061] b) 前端净化系统,该前端净化系统被配置用于从该经压缩的湿润空气流中净化出水和二氧化碳以产生与该经压缩的湿润空气流相比具有减少量的水和二氧化碳的干燥空气流;

[0062] c) 与该前端净化系统处于流体连通的增压压缩机,其中,该增压压缩机被配置用于压缩该干燥空气流的第一部分以形成增压空气流,该增压空气流具有第一增压压力 $P_{B1}$ ;

[0063] d) 冷箱,该冷箱包括:主热交换器;具有由低压塔和高压塔构成的双塔的塔系统;被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器;以及液氧泵,其中,该冷箱被配置用于在对于分离空气有效的条件下接收该增压空气流和该干燥空气流的第二部分以形成空气气体产物,其中,该空气气体产物选自由以下各项组成的组:氧、氮、及其组合;

[0064] e) 用于监测管道的压力的装置,其中,该管道与该冷箱处于流体连通,使得该管道被配置用于接收来自该冷箱的空气气体产物,该空气气体产物具有第一产物压力 $P_{P1}$ ;以及

[0065] f) 用于基于所监测到的管道压力来调节该设备的一个或多个压力设定点的装置,其中,该设备的该一个或多个压力设定点是选自由以下各项组成的组:该液氧泵的排放压力、该增压空气压缩机的排放压力、该主空气压缩机的排放压力、及其组合;

[0066] g) 用于调节来自该冷箱的液体产量的装置;以及

[0067] h) 过程控制器,该过程控制器被配置用于在第一操作模式与第二操作模式之间进行选择,其中,该第一操作模式实现功率节省,其中,该第二操作模式实现增大的液体产量。

[0068] 在用于通过低温分离空气来产生空气气体的设备的可选实施例中:

[0069] • 该过程控制器进一步被配置用于访问选自下组的过程条件,该组由实时电价数据、本地液体库存、及其组合组成;

[0070] • 在该第二操作模式期间,该过程控制器被配置用于在调节该液氧泵的排放压力

的同时将该第一增压压力 $P_{B1}$ 维持基本上恒定；

[0071] • 在该第一操作模式期间,该过程控制器被配置用于将该第一产物压力 $P_{P1}$ 调节成使得该第一产物压力 $P_{P1}$ 与该第一递送压力 $P_{D1}$ 之差低于给定阈值；

[0072] • 该阈值小于5psi、优选地小于3psi；

[0073] • 该空气气体产物是氧,并且该管道是氧管道；

[0074] • 该液氧泵将来自该低压塔的液态氧加压至该第一产物压力 $P_{P1}$ ；

[0075] • 基于该第一产物压力 $P_{P1}$ 来调节该第一增压压力 $P_{B1}$ ；

[0076] • 该空气气体产物是氮,并且该管道是氮管道;和/或

[0077] • 在该操作模式是可变液体产量的时间段期间,该第一增压压力 $P_{B1}$ 保持基本上恒定。

[0078] 在本发明的另一个方面,该用于通过低温分离空气来产生空气气体的设备可以包括:冷箱,该冷箱被配置用于在对于低温分离经净化且经压缩的空气流有效的条件下接收该空气流以使用塔系统来形成空气气体产物,其中,该经净化且经压缩的空气流在进入该冷箱中时处于给送压力 $P_F$ ,其中,该空气气体产物选自由以下各项组成的组:氧、氮、及其组合,其中,该冷箱被配置用于产生处于产物压力 $P_{P0}$ 下的空气气体产物;用于将该空气气体产物从该冷箱传送至空气气体管道的装置;被配置用于监测管道压力 $P_{PL}$ 的压力监测装置;以及控制器,该控制器被配置用于使该设备以第一操作模式和第二操作模式操作,其中,在该第一操作模式期间,该控制器进一步被配置用于减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差;其中,在该第二操作模式期间,该控制器进一步被配置用于减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差、并且调节来自该冷箱的液体产量。

[0079] 在用于通过低温分离空气来产生空气气体的设备的可选实施例中:

[0080] • 该空气气体产物是氧,其中,该冷箱包括:主热交换器;具有由低压塔和高压塔构成的双塔的塔系统;被布置在该低压塔的底部分处的冷凝器;以及液氧泵;

[0081] • 其中,该控制器被配置用于与该液氧泵通信、并且调节该液氧泵的排放压力;

[0082] • 该控制器在该第二操作模式期间被配置用于调节来自该冷箱的液体产量、同时将该给送压力 $P_F$ 维持基本上恒定;

[0083] • 该产物压力 $P_{P0}$ 和该递送压力 $P_{D0}$ 基本上相同;

[0084] • 该控制器与该压力监测装置通信;

[0085] • 该设备进一步不包括GOX给送阀,该给送阀被配置用于减小该管道压力 $P_{PL}$ 与该递送压力 $P_{D0}$ 之差;

[0086] • 该设备进一步包括气态氧(GOX)给送阀,其中,该GOX给送阀与该液氧泵的出口以及该空气气体管道的入口处于流体连通;其中,该GOX给送阀被维持在完全打开位置;

[0087] • 该设备进一步包括被布置在该冷箱上游的主空气压缩机,其中,在该第一操作模式期间,该控制器被进一步配置用于调节该主空气压缩机的排放压力;和/或

[0088] • 该设备进一步包括在主空气压缩机下游并且在冷箱上游的增压压缩机,其中,在该第一操作模式期间,该控制器进一步被配置用于调节该增压压缩机的排放压力。

## 附图说明

[0089] 参考以下描述、权利要求和附图,本发明的这些和其他特征、方面和优点将变得更

好理解。然而,应注意的是,附图仅展示了本发明的若干实施例并且因此不应被认为是对本发明范围的限制,因为本发明可以允许其他等效实施例。

[0090] 图1提供了本发明的以可变能量模式操作的实施例。

[0091] 图2提供了本发明的以可变能量模式操作的另一个实施例。

[0092] 图3提供了本发明的以可变能量模式操作的实施例的数据的图形表示。

[0093] 图4提供了本发明的以可变液体模式操作的实施例。

[0094] 图5提供了本发明以可变液体模式操作的另一个实施例。

[0095] 图6针对以可变液体模式操作的实施例提供了模拟数据的图形表示,示出了液体产量随气态氧产物压力的变化而增大。

### 具体实施方式

[0096] 虽然将结合若干实施例来描述本发明,但是应理解的是,不旨在将本发明限制于这些实施例。相反,旨在覆盖可被包括在由所附权利要求书限定的本发明的精神和范围内的所有替代方案、修改和等效物。

[0097] 现在转向图1,该图表示了以可变能量模式操作的实施例。空气2被引入主空气压缩机10中并且被压缩,优选压缩到至少55psig至75psig(或大于高压塔压力大致5psig)的压力。在没有增压空气压缩机30的实施例中,从MAC 10出来的压力优选地为400-450psig。接着在前端净化系统20中从所得的经压缩的湿润空气流12中净化出水和CO<sub>2</sub>,由此产生干燥空气流22。在一个实施例中,干燥空气流22全都经由管线26流入冷箱40中。第一压力指示器PI1a测量干燥空气流22的压力。在冷箱40内,空气被冷却并且进行低温处理以将该空气分离成空气气体产物42。接着,将空气气体产物42从冷箱40中去除并且在使其进入空气气体管道60中之前穿过产物控制阀50。在优选的实施例中,可以分别用第二压力指示器PI2和流量指示器FI1来测量空气气体产物42的压力和流量。可以用压力指示器PI3来测量空气气体管道60的压力。

[0098] 在一个实施例中,这些不同的压力和流量指示器/传感器被配置用于与过程控制器55通信(例如,无线或有线通信),使得过程控制器55可以监测不同的流量和压力,该过程控制器被配置用于基于测得的流量和压力来调节整个过程的多个不同设置。

[0099] 另外,本发明的实施例还可以包括增压空气压缩机30。这个实施例用虚线表示,因为它是可选实施例。在这个实施例中,干燥空气流22的一部分经由管线24被传送至增压空气压缩机30、并且在被引入冷箱40中之前进一步压缩以形成增压空气流32。添加增压空气压缩机30允许在对该过程进行微调方面实现额外的自由度,如下文更详细解释的。在这个实施例中,第一压力指示器PI1b位于管线32上而不是管线26上。类似地,压力控制器14b与增压空气压缩机30通信,这与用于主空气压缩机10的压力控制器14a截然不同。虽然图1的实施例将增压空气压缩机30示出为单一压缩机,但是本领域普通技术人员应认识到,增压空气压缩机30可以是多于一个的物理压缩机。另外,增压空气压缩机30还可以是多级压缩机。

[0100] 虽然附图示出了从这些不同的压力和流量指示器到过程控制器55的直接通信线路,但是本发明的实施例不限于此。而是,本领域普通技术人员应认识到,本发明的实施例可以包括某些指示器与相关的压力控制器直接通信的情形。

[0101] 图2针对包括增压空气压缩机30的可选实施例提供了冷箱40的更详细视图。在这个实施例中,冷箱40还包括热交换器80、涡轮机90、阀100、双塔110、高压塔120、辅助热交换器130、低压塔140、冷凝器/再沸器150、以及液氧泵160。涡轮机90可以经由公共轴附接至增压器70上。如同图1,空气2被引入主空气压缩机10中并且被压缩,优选压缩到至少55psig至75psig(或大于高压塔压力大致5psig)的压力。接着在前端净化系统20中从所得的经压缩的湿润空气流12中净化出水和CO<sub>2</sub>,由此产生干燥空气流22。干燥空气流的第一部分24被传送到增压空气压缩机30,而干燥空气流的其余部分26进入冷箱40中,其中,该干燥空气流在被引入高压塔120中进行分离之前在热交换器80中被完全冷却。在增压空气压缩机30中加压之后,增压空气流32优选地在热交换器80中被完全冷却并且接着跨过阀100膨胀、然后被引入高压塔120的底部分中。

[0102] 部分增压的空气流37优选地从增压空气压缩机30的内级中被去除、然后在增压器70中进一步压缩并且接着在后冷却器75中冷却以形成第二增压流72。第二增压流72在热交换器80中经历部分冷却,其中,该第二增压流从热交换器80的中间区段被抽出并且接着在涡轮机90中膨胀,由此形成膨胀空气流92,该膨胀空气流接着可以与干燥空气流的第二部分26相组合、然后再被引入高压塔120中。

[0103] 高压塔120被配置成允许对其内的空气进行精馏,由此在底部处产生富氧液体并且在顶部处产生富氮气态流。将富氧液体122从高压塔120的底部中抽出、然后在辅助热交换器130中与低压废氮114和低压氮产物112进行热交换、并且接着跨过阀进行膨胀并被引入低压塔140中。如本领域熟知的,高压塔120和低压塔140是双塔110的一部分,并且这两个塔经由冷凝器/再沸器150热联接,该冷凝器/再沸器冷凝来自高压塔120的上升的富氮气体并且汽化被收集在低压塔140的底部处的液态氧。在所示的实施例中,两个富氮气体流126、128从高压塔120中被抽出、与低压氮产物112和低压废氮114热交换、随后跨过其相应的阀进行膨胀、接着被引入低压塔140中。还可以从高压塔120中抽出较高压力的氮产物129并且接着使其在热交换器80中升温。

[0104] 液态氧收集在低压塔140的底部处、并且通过液氧泵160被抽出并加压至适当的压力以形成液态氧产物162。液态氧产物162接着在热交换器80内汽化以形成空气气体产物42。可以分别经由第二压力传感器PI2和FI1来测量空气气体产物42的压力和流量。如同在图1中,空气气体产物42流过产物控制阀50并且流入空气气体管道60中。

[0105] 如之前提及的,空气气体管道60的压力倾向于随时间变化。在迄今已知的方法中,这个问题是通过调节产物控制阀50的开度以产生适当的压降来解决。然而,这样做效率低。但是,本发明的实施例可以调节冷箱内的压力设定点,例如,液氧泵160的排放压力。通过将这个压力减小适当量,产物控制阀50可以保持完全打开,由此实现产物控制阀50上的膨胀损失最小化。在一个实施例中,该适当量使PI2与PI3之差小于5psi、优选地小于3psi。

[0106] 在另一个实施例中,通过改变液态氧产物162的压力,其汽化温度也改变。此外,优选的是,液态氧产物162相对于冷凝空气流(例如,增压空气流32)汽化。这样,在优选的实施例中,增压空气压缩机30的排放压力也改变了适当量。在一个实施例中,适当量优选地是实现液态氧产物162与增压空气流32之间的改进的加热曲线的量。

[0107] 在空气气体产物是氮的实施例中,该实施例可以包括从高压塔120抽出作为液体的较高压力氮产物129、并且使用液氮泵(未示出)将其加压至适当压力、然后在热交换器80

中升温。所得的经升温的氮气产物接着以与关于气态氧产物所描述的类似的方式被引入氮管道中。替代性地,可以从低压塔而不是高压塔中去除液态氮流。

[0108] 图3针对本发明的实施例提供了压力随时间而变化的图形表示。如在图3中可以看到,ASU GOX压力保持略高于(例如,在3-4psi之间)GOX管道压力。这是通过改变来自LOX泵的LOX排放压力以及改变增压空气压缩机(BAC)排放压力两者来实现。通过以可变压力模式来操作LOX泵和BAC,本发明的实施例能够在不导致流量产量的任何损失的情况下节省功率消耗、并且因此展现出优于迄今已知方法的极好的优点。

[0109] 下表I和表II示出了用于在610psig和400psig下产生氧的多个不同的流的对比数据。

[0110]

表 I: 610 psig GOX			
流#	流量 (kscfh)	压力 (psig)	温度 (°F)
2	7430	0	72
12	7430	71	87
24	3200	69	64
26	4143	69	64
32	2188	966	87
37	1012	525	87
42	1413	615	69
72	1012	794	87
92	1012	66	-280
94	5155	66	-260.5
162	1413	620	-287
MP Col	---	66	---
LP Col	---	6	---

[0111] 表II:400psig GOX

流#	流量 (kscfh)	压力 (psig)	温度 (°F)
2	7430	0	72
12	7430	71	87
24	3200	69	64
26	4143	69	64
32	2188	929	87
[0112] 37	1012	513	87
42	1413	405	71
72	1012	794	87
92	1012	66	-280
94	5155	66	-266.5
162	1413	409	-289
MP Col	---	66	---
LP Col	---	6	---

[0113] 如上述表所示,当管道压力改变时,可以调节流32、37、42以及162的压力,同时维持所有其他条件基本上不变。容易了解的是,能够减少LOX泵160和BAC 30的压缩需求可以实现显著的功率节省。此外,这是在没有流量意义上的任何产量损失的情况下并且在不对双塔的操作条件产生任何显著的不利影响的情况下实现的。

[0114] 现在转向图4,该图表示了以可变液体模式操作的实施例。空气2被引入主空气压缩机10中、并且将其压缩,优选压缩到至少55psig至75psig(或大于MP塔压力大致5psig)的压力。在没有增压空气压缩机30的实施例中,从MAC 10出来的压力优选地为400-450psig。接着在前端净化系统20中从所得的经压缩的湿润空气流12中净化出水和CO<sub>2</sub>,由此产生干燥空气流22。在一个实施例中,干燥空气流22全都经由管线26流入冷箱40中。在冷箱40内,空气被冷却并且进行低温处理以将该空气分离成空气气体产物42。接着,将空气气体产物42从冷箱40中去除并且在使其进入空气气体管道60中之前穿过产物控制阀50。

[0115] 在优选的实施例中,可以分别用第二压力指示器PI2和流量指示器FI1来测量空气气体产物42的压力和流量。可以用压力指示器PI3来测量空气气体管道60的压力。在某些操作模式中,还可以从冷箱40中去除第一液态空气气体产物44和/或第二液态空气气体产物48。可以用流量指示器FI2来测量第一液态空气气体产物44的流量,并且可以用流量指示器FI3来测量第二液态空气气体产物48的流量。在所示的实施例中,可以使用控制阀46、47来控制流体44、48的流量。

[0116] 在一个实施例中,这些不同的压力和流量指示器/传感器被配置用于与过程控制器55通信(例如,无线或有线通信),使得过程控制器55可以监测不同的流量和压力,该过程控制器被配置用于基于测得的流量和压力来调节整个过程的多个不同设置。

[0117] 另外,本发明的实施例还可以包括增压空气压缩机30。这个实施例用虚线表示,因为它是可选实施例。在这个实施例中,干燥空气流22的一部分经由管线24被传送至增压空气压缩机30、并且在被引入冷箱40中之前进一步压缩以形成增压空气流32。虽然图4的实施例将增压空气压缩机30示出为单一压缩机,但是本领域普通技术人员应认识到,增压空气

压缩机30可以是多于一个的物理压缩机。另外,增压空气压缩机30还可以是多级压缩机。

[0118] 虽然附图示出了从这些不同的压力和流量指示器到过程控制器55的直接通信线路,但是本发明的实施例不限于此。而是,本领域普通技术人员应认识到,本发明的实施例可以包括某些指示器与相关的压力控制器直接通信的情形。

[0119] 图5针对包括增压空气压缩机30的可选实施例提供了冷箱40的更详细视图。在这个实施例中,冷箱40还包括热交换器80、涡轮机90、阀100、双塔110、高压塔120、辅助热交换器130、低压塔140、冷凝器/再沸器150、以及液氧泵160。涡轮机90可以经由公共轴附接至增压器70上。如同图4,空气2被引入主空气压缩机10中、并且被压缩,优选压缩到至少55psig至75psig(或大于MP塔压力大致5psig)的压力。接着在前端净化系统20中将所得的经压缩的湿润空气流12中净化出水和CO<sub>2</sub>,由此产生干燥空气流22。干燥空气流的第一部分24被传送到增压空气压缩机30,而干燥空气流的其余部分26进入冷箱40中,其中,该干燥空气流在被引入高压塔120中进行分离之前在热交换器80中被完全冷却。在增压空气压缩机30中加压之后,增压空气流32优选地在热交换器80中被完全冷却并且接着跨过阀100膨胀、然后被引入高压塔120的底部分中。

[0120] 部分增压的空气流37优选地从增压空气压缩机30的内级中被去除、然后在增压器70中进一步压缩并且接着在后冷却器75中冷却以形成第二增压流72。第二增压流72在热交换器80中经历部分冷却,其中,该第二增压流从热交换器80的中间区段被抽出并且接着在涡轮机90中膨胀,由此形成膨胀空气流92,该膨胀空气流接着可以与干燥空气流的第二部分26相组合、然后再被引入高压塔120中。

[0121] 高压塔120被配置成允许对其内的空气进行精馏,由此在底部处产生富氧液体并且在顶部处产生富氮气体流。将富氧液体122从高压塔120的底部中抽出、然后在辅助热交换器130中与低压废氮114和低压氮产物112进行热交换、并且接着跨过阀进行膨胀并被引入低压塔140中。如本领域熟知的,高压塔120和低压塔140是双塔110的一部分,并且这两个塔经由冷凝器/再沸器150热联接,该冷凝器/再沸器冷凝来自高压塔120的上升的富氮气体并且汽化被收集在低压塔140的底部处的液态氧。在所示的实施例中,两个富氮气体流126、128从高压塔120中被抽出、与低压氮产物112和低压废氮114热交换、随后跨过其相应的阀进行膨胀、并且接着被引入低压塔140中。还可以从高压塔120中抽出中压氮产物129并且接着使其在热交换器80中升温。

[0122] 液态氧收集在低压塔140的底部处、并且通过液氧泵160被抽出并加压至适当的压力以形成液态氧162。液态氧162接着在热交换器80内汽化以形成空气气体产物42。可以分别经由第二压力传感器PI2和FI1来测量空气气体产物42的压力和流量。如同在图4中,空气气体产物42流过产物控制阀50并且流入空气气体管道60中。来自液氧泵160的液态氧产物44被递送至储存器(未示出)。来自低压塔140的顶部的液态氮产物48被递送至该储存器(未示出)。

[0123] 如之前提及的,空气气体管道60的压力倾向于随时间变化。在迄今已知的方法中,这个问题是通过调节产物控制阀50的开度以产生适当的压降来解决。然而,这样做效率低。但是,本发明的实施例可以调节冷箱内的压力设定点,例如,液氧泵160的排放压力。通过将这个压力减小适当量,产物控制阀50可以保持完全打开,由此实现产物控制阀50上的膨胀损失最小化。在一个实施例中,该适当量使PI2与PI3之差小于5psi、优选地小于3psi。

[0124] 通过减小液态氧产物162的压力并且将进入的空气流的压力保持在相同的压力设定点(例如,将BAC和MAC维持在恒定的设定点),可以实现额外的液体产量。例如,对于被构建来产生610psig气态氧(例如,流42)的ASU过程,可以产生大致51kscfh的LOX和91kscfh的LIN。然而,如果将LOX泵的排放压力减小以产生大致400psig的气态氧产物流,则该相同过程可以产生大致57kscfh的更多LIN或54kscfh的更多LOX。

[0125] 下表IV-VI示出了多个不同的流的对比数据,其中表IV是610psigGOX产生的基础情况,表V是LIN产量最大化且GOX产生为400psig的实施例,并且表VI是LOX产量最大化且GOX产生也为400psig的实施例。虽然这些实例仅分别示出了LIN和LOX产量被最大化,但是本领域普通技术人员应认识到本发明的实施例不限于此。而是,本发明的实施例还可以包括LOX和LIN产量可以同时增加的实例。本领域普通技术人员应认识到,在这些实施例中,每个LIN或LOX的增加将不会单独如表V或表VI中所示的一样多地增加。

[0126]

流#	流量 (kscfh)	压力 (psig)	温度 (°F)
2	8073	0	72
12	8073	71	87
24	4010	69	64
26	3329	69	64
32	2663	928	87
37	1347	515	87
42	1487	610	74
44	51	30	-297
48	91	6	-315
72	1347	790	87
92	1347	66	-281
94	4676	66	-248
162	1487	614	-287
MP Col	---	66	---
LP Col	---	6	---

[0127]

流#	流量 (kscfh)	压力 (psig)	温度 (°F)
2	8073	0	72
12	8073	71	87
24	4010	69	64
26	3329	69	64
32	2663	928	87
37	1347	515	87
42	1487	400	75
44	51	30	-297
48	148	6	-315
72	1347	826	87
92	1347	66	-281
94	4676	66	-252
162	1487	404	-289
MP Col	---	66	---
LP Col	---	6	---

[0128]

流#	流量 (kscfh)	压力 (psig)	温度 (°F)
2	8073	0	72
12	8073	71	87
24	4010	69	64
26	3329	69	64
32	2663	928	87
37	1347	515	87
42	1433	400	75
44	105	30	-297
48	91	6	-315
72	1347	826	87
92	1347	66	-281
94	4676	66	-248
162	1433	404	-289
MP Col	---	66	---
LP Col	---	6	---

[0129] 如上表所示,当管道压力改变时,流42的压力被调节以匹配管道压力,并且流44或48的流量改变。其余的流大体上保持不变。容易了解的是,能够产生额外量的液体可能是非常有益的,特别是因为液体流在市场上是非常宝贵的。此外,这是在没有流量意义上的任何

产量损失的情况下、在对双塔的操作条件没有任何显著的不利影响的情况下、并且是以最小的额外资本支出来实现的。

[0130] 在空气气体产物是氮的实施例中,该实施例可以包括从高压塔120抽出作为液体的较高压力氮产物129、并且使用液氮泵(未示出)将其加压至适当压力、然后在热交换器80中升温。所得的经升温的氮气产物接着以与关于气态氧产物所描述的类似的方式被引入氮管道中。替代性地,可以从低压塔而不是高压塔中去除液态氮流。

[0131] 图6呈现了液体产量随空气气体产物(例如,流42)的压力而变化的图形表示。如该实例所示,压力从约650psig到400psig可以使得LIN产量增大近两倍(从约80kschh到约150kscfh)。类似地,液态氧产量从大约40增大至大约105kscfh。虽然该图形表示是在假设一次只调整一种液态产物的情况下形成的,但本发明并不限于此。实际上,同时增加两种液态产物是完全可接受的。

[0132] 在另一个实施例中,过程控制器55可以被配置用于访问实时电价数据(或者用户可以将数据输入到控制器中),使得过程控制器55可以被配置用于基于当前实时电价数据来优化/调节增大的LIN和/或LOX的量。类似地,过程控制器55还可以被配置用于跟踪LIN和/或LOX的本地库存、并且基于该额外数据来调节LIN和/或LOX的产量。

[0133] 在另一个实施例中,过程控制器55可以基于某些条件来决定以功率节省模式还是额外液体产量模式来进行操作。例如,如果电力比正常时便宜,则节省功率可能不是很重要,并且因此,过程控制器55可以决定切换至液体产量模式。在优选的实施例中,过程控制器55基于输入条件自动作出这些决定。在另一个实施例中,过程控制器55可以包括手动超控。

[0134] 本领域技术人员将理解术语“富氮”和“富氧”是指空气的组成。这样,富氮涵盖了氮含量大于空气氮含量的流体。类似地,富氧涵盖了氧含量大于空气氧含量的流体。

[0135] 虽然已经结合其具体实施例描述了本发明,明显的是鉴于前述说明许多替代方案、修改、和变化对于本领域技术人员将是清楚的。因此,它旨在包含如落入所附权利要求的精神和宽范围内的所有此类替代方案、修改、和变化。本发明可以适当地包括所公开的要素、由所公开的要素组成或基本组成,并且可以在不存在未公开的要素下进行实践。此外,如果存在提及顺序的语言,例如第一和第二,它应在示例性意义上并且不在限制性意义上进行理解。例如,本领域技术人员可以认识到可以将某些步骤组合成单一步骤中。

[0136] 单数形式“一个/种”和“该”包括复数指示物,除非上下文另外清楚地指出。

[0137] 权利要求中的“包括”是开放式过渡术语,其是指随后确定的权利要求要素是无排他性的清单(即,其他任何事物可以附加地被包括并且保持在“包含”的范围内)。除非在此另有说明,否则如在此使用的“包含”可以由更受限制的过渡术语“主要由...组成”和“由...组成”代替。

[0138] 权利要求中的“提供”被定义为是指供给、供应、使可获得、或制备某物。所述步骤可以通过任何行动者在不存在相反的所述权利要求中的表达语言下进行。

[0139] 任选的或任选地是指随后描述的事件或情况可能发生或可能不发生。本说明包括其中所述事件或情况发生的实例以及其中所述事件或情况不发生的实例。

[0140] 在此范围可以表述为从约一个具体值,和/或到约另一个具体值。当表述此种范围时,应理解的是另一个实施例是从该一个具体值和/或到该另一个具体值,连同在所述范围

内的所有组合。

[0141] 在此确定的所有参考文献各自特此通过引用以其全文结合到本申请中,并且是为了具体的信息,各个参考文献被引用就是为了该具体信息。

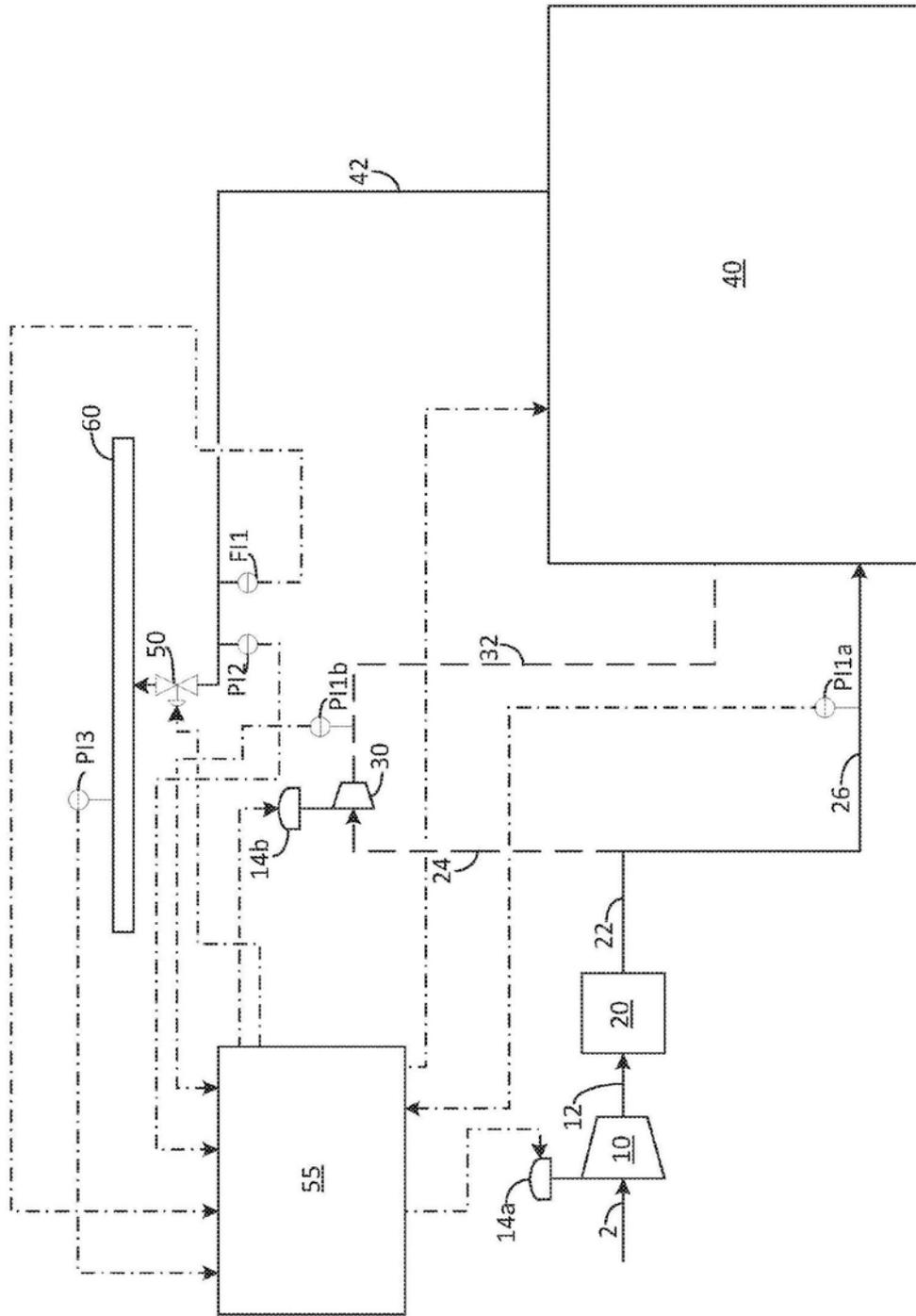


图1



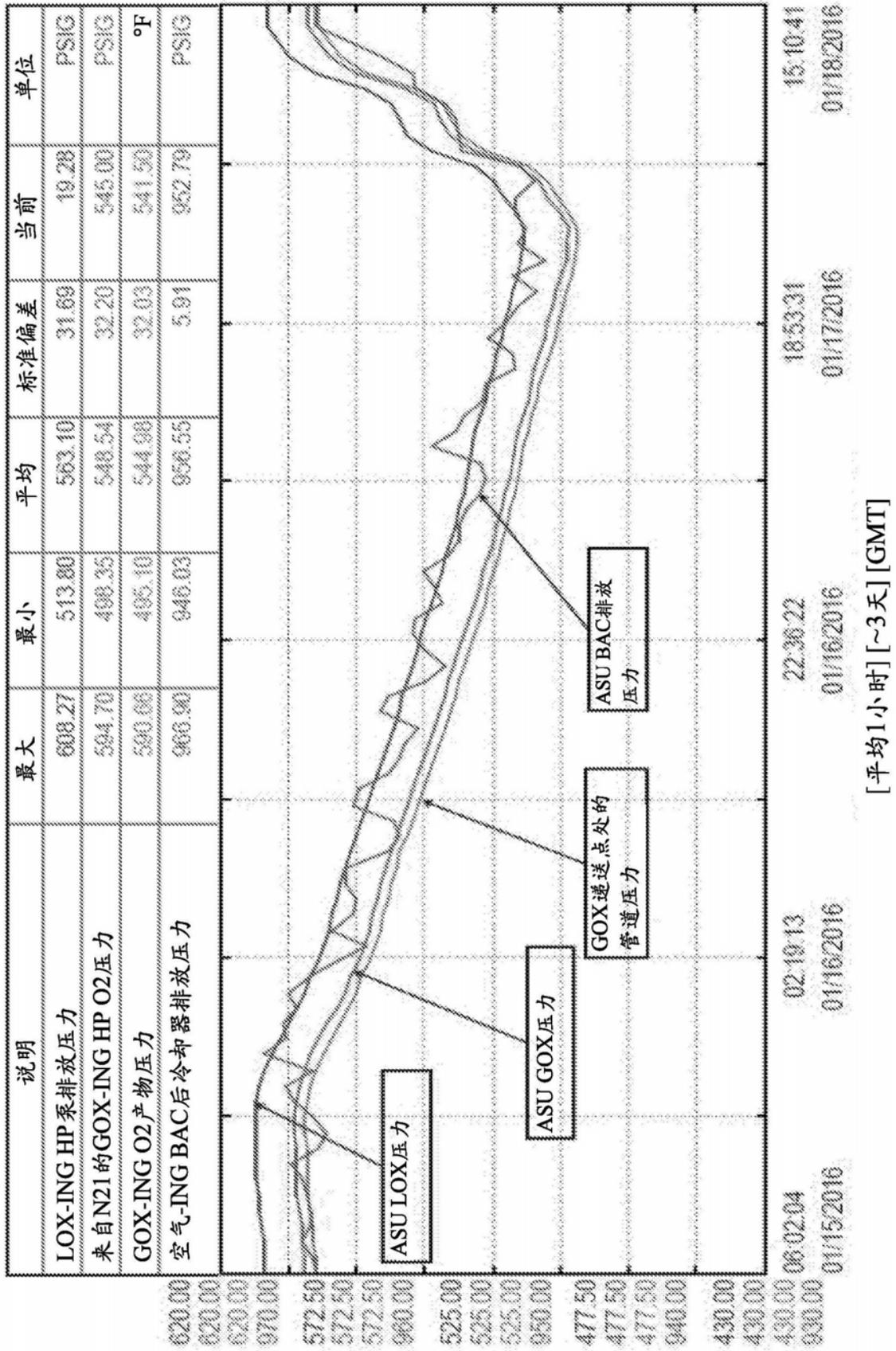


图3

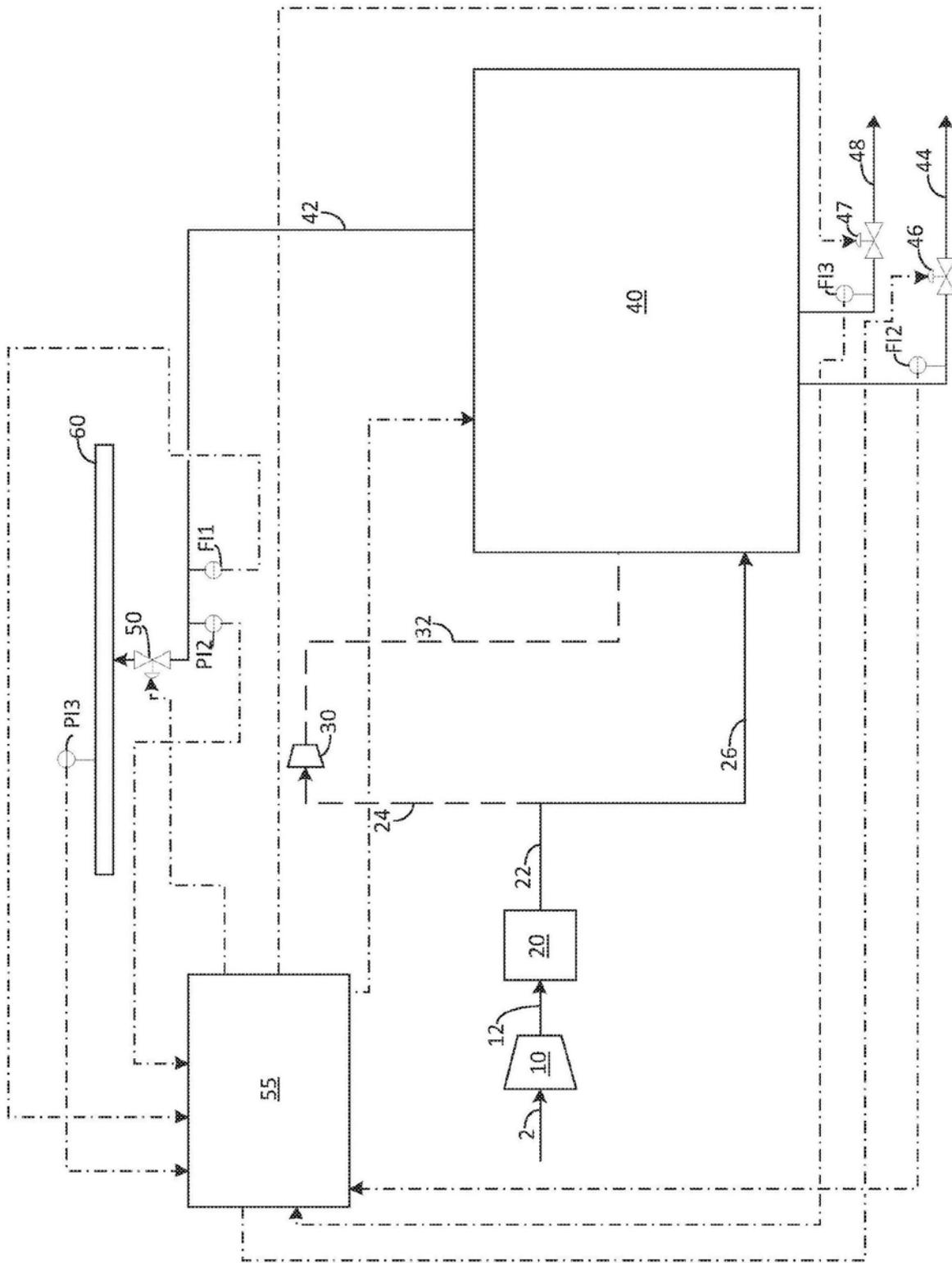


图4



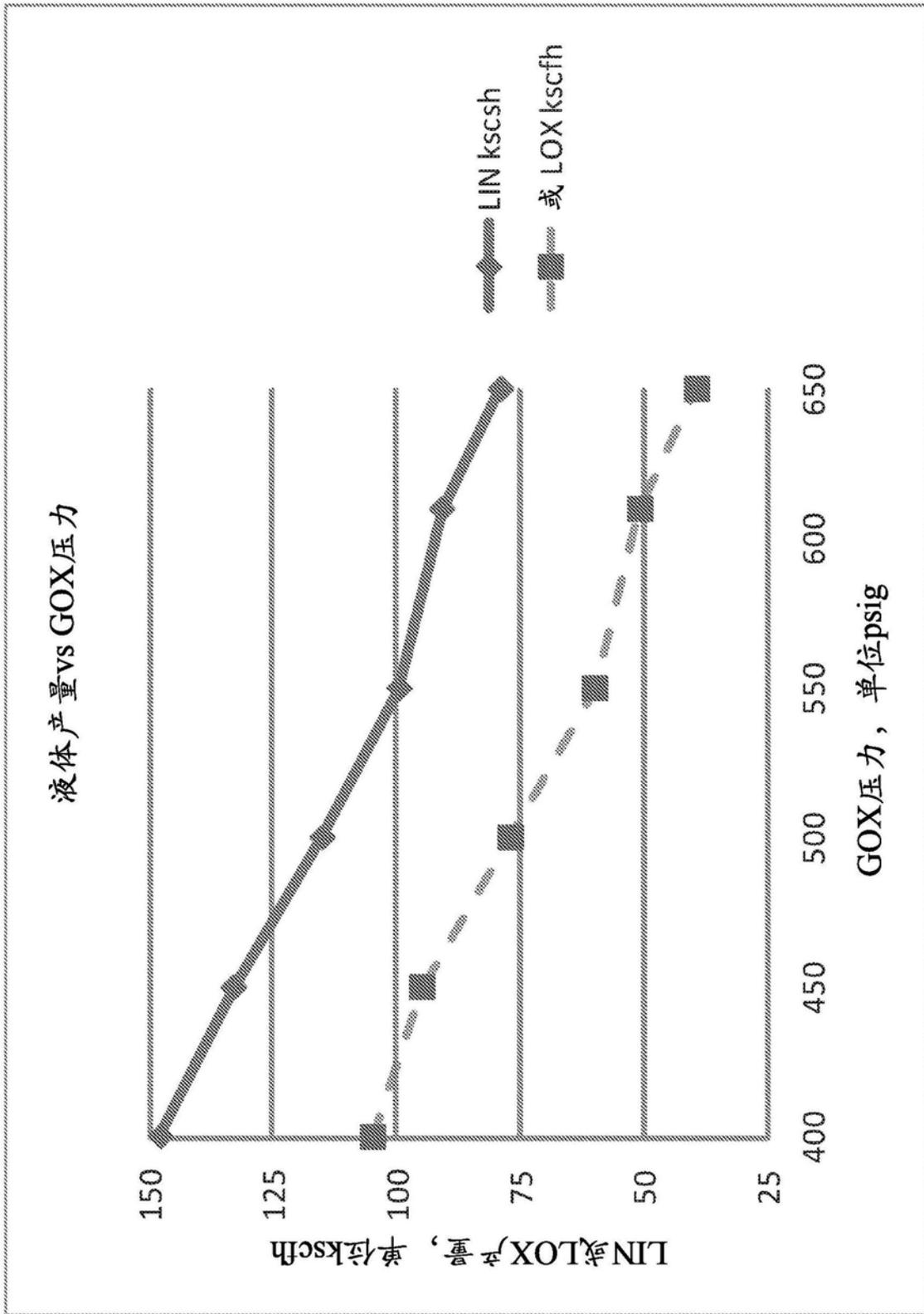


图6