(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111699355 A
(43)申请公布日 2020.09.22

(21)申请号 201880088886.6

(22)申请日 2018.12.12

(30)优先权数据
62/599,509 2017.12.15 US
16/135,956 2018.09.19 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.08.07

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/065216 2018.12.12

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/118605 EN 2019.06.20

(71)申请人 沙特阿拉伯石油公司
地址 沙特阿拉伯达兰市

(72)发明人 马哈茂德·巴希耶·马哈茂德·努尔丁
阿克拉姆·哈米德·穆罕默德·卡迈勒
阿卜杜勒阿齐兹·A·阿尔纳贾尔

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 吴胜周

(51)Int.Cl.
F25J 3/02(2006.01)
F25J 5/00(2006.01)

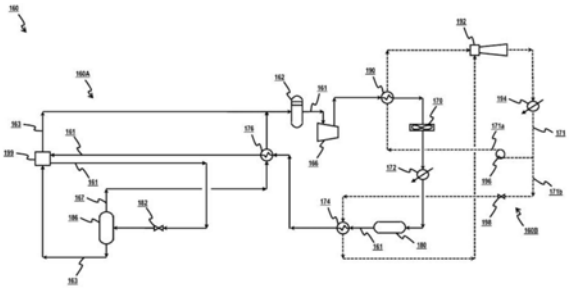
权利要求书4页 说明书19页 附图3页

(54)发明名称

用于天然气凝液回收的过程集成

(57)摘要

本说明书涉及运行工业设施，例如，原油精炼设施或包括运行加工天然气或回收天然气凝液的装置的其他工业设施。



CN 111699355 A

1.一种天然气凝液回收系统,所述天然气凝液回收系统包括:

冷箱,所述冷箱包括板翅式换热器,所述板翅式换热器包括多个隔室,所述冷箱被配置成将热量从在所述天然气凝液回收系统中的多个热流体转移至在所述天然气凝液回收系统中的多个冷流体;以及

制冷系统,所述制冷系统被配置成通过所述冷箱接收热量,所述制冷系统包括:

与所述冷箱流体连通的一次制冷剂回路,所述一次制冷剂回路包括一次制冷剂,所述一次制冷剂包括烃的第一混合物;

二次制冷剂回路,所述二次制冷剂回路包括二次制冷剂,所述二次制冷剂包括异丁烷;

第一过冷器,所述第一过冷器被配置成在所述一次制冷剂回路的所述一次制冷剂和所述二次制冷剂回路的所述二次制冷剂之间转移热量;和

在所述第一过冷器下游的第二过冷器,所述第二过冷器被配置成在所述一次制冷剂和所述一次制冷剂的蒸气相之间转移热量,其中所述冷箱被配置成接收来自所述第二过冷器的所述一次制冷剂。

2.根据权利要求1所述的天然气凝液回收系统,其中所述多个热流体包括进料至所述天然气凝液回收系统的原料气,所述原料气包括烃的第二混合物。

3.根据权利要求2所述的天然气凝液回收系统,所述天然气凝液回收系统还包括骤冷生产线,所述骤冷生产线被配置成在所述冷箱的至少一个隔室中使所述原料气的至少一部分冷凝,所述骤冷生产线包括与所述冷箱流体连通的分离器,所述分离器位于所述冷箱下游,所述分离器被配置成将所述原料气分离为液相和精制气体相。

4.根据权利要求2所述的天然气凝液回收系统,所述天然气凝液回收系统还包括脱甲烷塔,所述脱甲烷塔与所述冷箱流体连通并且被配置成接收至少一个烃流股并将所述至少一个烃流股分离为包含销售气体的蒸气流股和包含天然气凝液的液体流股,所述销售气体主要由甲烷组成,所述天然气凝液主要由比甲烷更重质的烃组成。

5.根据权利要求4所述的天然气凝液回收系统,其中所述主要由甲烷组成的销售气体包含至少89摩尔%的甲烷,并且所述主要由比甲烷更重质的烃组成的天然气凝液包含至少99.5摩尔%的比甲烷更重质的烃。

6.根据权利要求3所述的天然气凝液回收系统,所述天然气凝液回收系统还包括位于所述骤冷生产线下游的气体脱水器,所述气体脱水器被配置成从所述精制气体相移除水。

7.根据权利要求6所述的天然气凝液回收系统,其中所述气体脱水器包括分子筛。

8.根据权利要求3所述的天然气凝液回收系统,所述天然气凝液回收系统还包括位于所述骤冷生产线下游的液体脱水器,所述液体脱水器被配置成从所述液相移除水。

9.根据权利要求8所述的天然气凝液回收系统,其中所述液体脱水器包括活性氧化铝床层。

10.根据权利要求4所述的天然气凝液回收系统,所述天然气凝液回收系统还包括:

进料泵,所述进料泵被配置成将烃液传送至所述脱甲烷塔;

天然气凝液泵,所述天然气凝液泵被配置成传送来自所述脱甲烷塔的天然气凝液;和

储存系统,所述储存系统被配置成容纳一定量的来自所述脱甲烷塔的天然气凝液。

11.根据权利要求1所述的天然气凝液回收系统,其中所述一次制冷剂包括以摩尔分数计41%至43%的C_2烃和57%至59%的C_4烃的混合物。

12.一种用于从原料气回收天然气凝液的方法,所述方法包括:

通过冷箱将热量从多个热流体转移至多个冷流体,所述冷箱包括板翅式换热器,所述板翅式换热器包括多个隔室;以及

通过所述冷箱将热量转移至制冷系统,所述制冷系统包括:

与所述冷箱流体连通的一次制冷剂回路,所述一次制冷剂回路包括一次制冷剂,所述一次制冷剂包括烃的第一混合物;

二次制冷剂回路,所述二次制冷剂回路包括二次制冷剂,所述二次制冷剂包括异丁烷;

第一过冷器;和

第二过冷器;

使用所述第一过冷器将热量从所述一次制冷剂转移至所述二次制冷剂;

使用所述第二过冷器将热量从所述一次制冷剂转移至所述一次制冷剂的蒸气相;和

使所述一次制冷剂从所述第二过冷器流动至所述冷箱。

13.根据权利要求12所述的方法,其中所述多个热流体包括所述原料气,所述原料气包括烃的第二混合物。

14.根据权利要求12所述的方法,所述方法还包括使流体从所述冷箱流动至骤冷生产线的分离器。

15.根据权利要求12所述的方法,其中所述一次制冷剂包括以摩尔分数计41%至43%的C_2烃和57%至59%的C_4烃的混合物。

16.根据权利要求14所述的方法,所述方法还包括:

在所述冷箱的至少一个隔室中使所述原料气的至少一部分冷凝;和

使用所述分离器将所述原料气分离为液相和精制气体相。

17.根据权利要求12所述的方法,所述方法还包括:

在与所述冷箱流体连通的脱甲烷塔中接收至少一个烃流股;和

将所述至少一个烃流股分离为包含销售气体的蒸气流股和包含天然气凝液的液体流股,所述销售气体主要由甲烷组成,所述天然气凝液主要由比甲烷更重质的烃组成。

18.根据权利要求17所述的方法,其中所述主要由甲烷组成的销售气体包含至少89摩尔%的甲烷,并且所述主要由比甲烷更重质的烃组成的天然气凝液包含至少99.5摩尔%的比甲烷更重质的烃。

19.根据权利要求16所述的方法,所述方法还包括使用包括分子筛的气体脱水器从所述精制气体相移除水。

20.根据权利要求16所述的方法,所述方法还包括使用包括活性氧化铝床层的液体脱水器从所述液相移除水。

21.根据权利要求17所述的方法,所述方法还包括:

使用进料泵将烃液传送至所述脱甲烷塔;

使用天然气凝液泵传送来自所述脱甲烷塔的天然气凝液;和

在储存系统中储存一定量的来自所述脱甲烷塔的天然气凝液。

22.一种系统,所述系统包括:

冷箱,所述冷箱包括多个隔室,所述多个隔室中的每一个包括一次或多次热传递;

一个或多个热过程流股,所述一个或多个热过程流股中的每一个流过所述多个隔室中

的一个或多个；

一个或多个冷过程流股，所述一个或多个冷过程流股中的每一个流过所述多个隔室中的一个或多个；以及

一个或多个热制冷剂流股，所述一个或多个热制冷剂流股中的每一个流过所述多个隔室中的一个或多个；

一个或多个冷制冷剂流股，所述一个或多个冷制冷剂流股中的每一个流过所述多个隔室中的一个或多个，

其中在所述多个隔室的每一个的所述一次或多次热传递的每一次中，所述一个或多个热过程流股中的一个将热量转移至所述一个或多个冷过程流股或所述一个或多个冷制冷剂流股中的至少一个，

其中所述一个或多个热过程流股中的至少一个将热量转移至所述一个或多个冷过程流股和所述一个或多个冷制冷剂流股中的每一个，

其中对于所述多个隔室中的每一个，可能的传递次数等于A)流过相应隔室的热过程流股和热制冷剂流股的总数与B)流过相应隔室的冷过程流股和冷制冷剂流股的总数的乘积，

其中对于所述多个隔室中的至少一个，总的热传递次数小于相应隔室的可能的传递次数。

23.根据权利要求22所述的系统，其中所述一个或多个热过程流股包括第一热过程流股、第二热过程流股和第三热过程流股，其中仅有所述第一热过程流股、所述第二热过程流股或所述第三热过程流股中的一个流过所述多个隔室中的任一个给定隔室。

24.根据权利要求22所述的系统，其中所述一个或多个冷过程流股中的一个是仅有的流过所述多个隔室中的全部隔室的流股。

25.根据权利要求22所述的系统，其中所述一个或多个热制冷剂流股具有与所述一个或多个冷制冷剂流股不同的组成。

26.根据权利要求22所述的系统，其中在所述冷箱内，所述一个或多个热制冷剂流股中的至少一个将热量转移至所述一个或多个冷制冷剂流股中的至少一个。

27.根据权利要求22所述的系统，其中隔室的总数为12个，所述冷箱的所述多个隔室的总的热传递次数为39次，并且所述冷箱的所述多个隔室的总的可能的传递次数为46次。

28.根据权利要求27所述的系统，其中对于所述多个隔室中的三个，热传递次数小于相应隔室的可能的传递次数。

29.根据权利要求28所述的系统，其中对于所述三个隔室中的至少一个，热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次。

30.根据权利要求29所述的系统，其中热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次的隔室中的至少一个与热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次的隔室中的另一个相邻，并且流过所述相邻隔室中的一个的所有冷过程流股、热制冷剂流股和冷制冷剂流股也流过所述相邻隔室中的另一个。

31.根据权利要求29所述的系统，其中对于所述三个隔室中的至少一个，热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少三次。

32.根据权利要求31所述的系统，其中热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少三次的隔室中的至少一个与热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次的隔

室中的一个相邻，并且流过所述相邻隔室中的一个的所有热过程流股、热制冷剂流股和冷制冷剂流股也流过所述相邻隔室中的另一个。

用于天然气凝液回收的过程集成

[0001] 优先权要求

[0002] 本申请要求于2017年12月15日提交的美国临时申请号62/599,509和于2018年9月19日提交的美国专利申请号16/135,956的优先权,将其内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本说明书涉及运行工业设施,例如,烃精炼设施或包括运行加工天然气或回收天然气凝液的装置的其他工业设施。

背景技术

[0004] 石油精炼过程(工艺,process)是在石油精炼厂中用于将未加工的烃转化为多种产物,如液化石油气(LPG)、汽油、煤油、喷气燃料、柴油和燃料油的化工过程。石油精炼厂是可以包括多种不同加工单元和辅助设施如公用工程单元(utility unit)、储罐场和火炬(flare)的大型工业联合装置(industrial complex)。各个精炼厂都可以具有例如可以由精炼厂位置、所需产物或经济考虑决定的其自身独特的精炼过程的布置和组合。被实施以将原料烃转化为产物的石油精炼过程可能需要加热和冷却。多种过程流股(物流,stream)可以与公用工程流股如蒸汽、制冷剂或冷却水交换热量,以升温、气化、冷凝或冷却。过程集成是一种用于设计可以用于降低能耗并且提高热回收的过程的技术。提高能量效率可以潜在地降低化工过程的公用工程使用和运行成本。

[0005] 概述

[0006] 本文描述了涉及天然气凝液(液态天然气,natural gas liquid)回收系统以及相关的制冷系统的过程集成的技术。

[0007] 本文包括以下具有其相应缩写的度量单位中的一种或多种,如表1中所示:

[0008]

度量单位	缩写
华氏度(温度)	°F
兰金(Rankine)(温度)	R
兆瓦(功率)	MW
百分比	%
一百万	MM
英热单位(能量)	Btu
小时(时间)	h
秒(时间)	s
千克(质量)	kg
异-(分子异构体)	i
正-(分子异构体)	n-

[0009] 表1

[0010] 此处描述的主题的某些方面可以作为一种天然气凝液回收系统实施。天然气凝液

回收系统包括冷箱和被配置成通过冷箱接收热量的制冷系统。冷箱包括板翅式换热器，所述板翅式换热器包括隔室。冷箱被配置成将热量从在天然气凝液回收系统中的热流体转移至在天然气凝液回收系统中的冷流体。制冷系统包括与冷箱流体连通的一次制冷剂回路。一次制冷剂回路包括一次制冷剂，所述一次制冷剂包括烃的第一混合物。制冷系统包括二次制冷剂回路。二次制冷剂回路包括二次制冷剂，所述二次制冷剂包括异丁烷。制冷系统包括第一过冷器，所述第一过冷器被配置成在一次制冷剂回路的一次制冷剂和二次制冷剂回路的二次制冷剂之间转移热量。制冷系统包括在第一过冷器下游的第二过冷器。第二过冷器被配置成在一次制冷剂和一次制冷剂的蒸气相之间转移热量。冷箱被配置成接收来自第二过冷器的一次制冷剂。

[0011] 此方面和其他方面可以包括以下特征中的一个或多个。

[0012] 热流体可以包括进料至天然气凝液回收系统的原料气。原料气可以包括烃的第二混合物。

[0013] 天然气凝液回收系统可以包括骤冷生产线(chill down train)，所述骤冷生产线被配置成在冷箱的至少一个隔室中使原料气中的至少一部分冷凝。骤冷生产线可以包括与冷箱流体连通的分离器。分离器可以位于冷箱下游。分离器可以被配置成将原料气分离为液相和精制气体相(refined gas phase)。

[0014] 天然气凝液回收系统可以包括脱甲烷塔，所述脱甲烷塔与冷箱流体连通并且被配置成接收至少一个烃流股并将该至少一个烃流股分离为蒸气流股和液体流股。蒸气流股可以包括销售气体，该销售气体主要由甲烷组成。液体流股可以包括天然气凝液，该天然气凝液主要由比甲烷更重质的烃组成。

[0015] 主要由甲烷组成的销售气体可以包含至少89摩尔％的甲烷。主要由比甲烷更重质的烃组成的天然气凝液可以包含至少99.5摩尔％的比甲烷更重质的烃。

[0016] 天然气凝液回收系统可以包括位于骤冷生产线下游的气体脱水器。气体脱水器可以被配置成从精制气体相移除水。

[0017] 气体脱水器可以包括分子筛。

[0018] 天然气凝液回收系统可以包括位于骤冷生产线下游的液体脱水器。液体脱水器可以被配置成从液相移除水。

[0019] 液体脱水器可以包括活性氧化铝床层。

[0020] 天然气凝液回收系统可以包括被配置成将烃液传送至脱甲烷塔的进料泵。天然气凝液回收系统可以包括被配置成传送来自脱甲烷塔的天然气凝液的天然气凝液泵。天然气凝液回收系统可以包括被配置成容纳一定量的来自脱甲烷塔的天然气凝液的储存系统。

[0021] 一次制冷剂可以包括以摩尔分数计41％至43％的C_2烃和57％至59％的C_4烃的混合物。

[0022] 此处描述的主题的某些方面可以作为一种用于从原料气回收天然气凝液的方法实施。通过冷箱将热量从热流体转移至冷流体。冷箱包括板翅式换热器，所述板翅式换热器包括隔室。通过冷箱将热量转移至制冷系统。制冷系统包括与冷箱流体连通的一次制冷剂回路。一次制冷剂回路包括一次制冷剂，所述一次制冷剂包括烃的第一混合物。制冷系统包括二次制冷剂回路。二次制冷剂回路包括二次制冷剂，所述二次制冷剂包括异丁烷。制冷系统包括第一过冷器和第二过冷器。使用第一过冷器将热量从一次制冷剂转移至二次制冷

剂。使用第二过冷器将热量从一次制冷剂转移至一次制冷剂的蒸气相。使一次制冷剂从第二过冷器流动至冷箱。

[0023] 此方面和其他方面可以包括以下特征中的一个或多个。

[0024] 热流体可以包括原料气,所述原料气包括烃的第二混合物。

[0025] 可以使流体从冷箱流动至骤冷生产线的分离器。

[0026] 一次制冷剂可以包括以摩尔分数计41％至43％的C_2烃和57％至59％的C_4烃的混合物。

[0027] 可以在冷箱的至少一个隔室中使原料气的至少一部分冷凝。可以使用分离器将原料气分离为液相和精制气体相。

[0028] 可以在与冷箱流体连通的脱甲烷塔中接收至少一个烃流股。可以将该至少一个烃流股分离为蒸气流股和液体流股。蒸气流股可以包括销售气体,该销售气体主要由甲烷组成。液体流股可以包括天然气凝液,该天然气凝液主要由比甲烷更重质的烃组成。

[0029] 主要由甲烷组成的销售气体可以包含至少89摩尔％的甲烷。主要由比甲烷更重质的烃组成的天然气凝液可以包含至少99.5摩尔％的比甲烷更重质的烃。

[0030] 可以使用包括分子筛的气体脱水器从精制气体相移除水。

[0031] 可以使用包括活性氧化铝床层的液体脱水器从液相移除水。

[0032] 可以使用进料泵将烃液传送至脱甲烷塔。可以使用天然气凝液泵传送来自脱甲烷塔的天然气凝液。可以在储存系统中储存一定量的来自脱甲烷塔的天然气凝液。

[0033] 此处描述的主题的某些方面可以作为一种系统实施。所述系统包括冷箱,所述冷箱包括隔室。隔室中的每一个包括一次或多次热传递。所述系统包括一个或多个热过程流股。一个或多个热过程流股中的每一个流过隔室中的一个或多个。所述系统包括一个或多个冷过程流股。一个或多个冷过程流股中的每一个流过隔室中的一个或多个。所述系统包括一个或多个热制冷剂流股。一个或多个热制冷剂流股中的每一个流过隔室中的一个或多个。所述系统包括一个或多个冷制冷剂流股。一个或多个冷制冷剂流股中的每一个流过隔室中的一个或多个。在各个隔室的一次或多次热传递的每一次中,一个或多个热过程流股中的一个将热量转移至一个或多个冷过程流股或一个或多个冷制冷剂流股中的至少一个。一个或多个热过程流股中的至少一个将热量转移至一个或多个冷过程流股和一个或多个冷制冷剂流股中的每一个。对于多个隔室中的每一个,可能的传递次数等于A)流过相应隔室的热过程流股和热制冷剂流股的总数与B)流过相应隔室的冷过程流股和冷制冷剂流股的总数的乘积。对于隔室中的至少一个,总的热传递次数小于相应隔室的可能的传递次数。

[0034] 此方面和其他方面可以包括以下特征中的一个或多个。

[0035] 一个或多个热过程流股可以包括第一热过程流股、第二热过程流股和第三热过程流股。仅有第一、第二或第三热过程流股中的一个流过多个隔室中的任一个给定隔室。

[0036] 一个或多个冷过程流股中的一个可以是仅有的流过隔室中的全部隔室的流股。

[0037] 一个或多个热制冷剂流股可以具有与一个或多个冷制冷剂流股不同的组成。

[0038] 在冷箱内,一个或多个热制冷剂流股中的至少一个可以将热量转移至一个或多个冷制冷剂流股中的至少一个。

[0039] 隔室的总数可以是为12个。冷箱的多个隔室的总的热传递次数可以为39次。冷箱的多个隔室的总的可能的传递次数可以为46次。

[0040] 对于多个隔室中的三个，热传递次数可以小于相应隔室的可能的传递次数。

[0041] 对于这三个隔室中的至少一个，热传递次数可以比相应隔室的可能的传递次数至少少两次。

[0042] 热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次的隔室中的至少一个可以与热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次的隔室中的另一个相邻。流过该相邻隔室中的一个的所有冷过程流股、热制冷剂流股和冷制冷剂流股也可以流过该相邻隔室中的另一个。

[0043] 对于这三个隔室中的至少一个，热传递次数可以比相应隔室的可能的传递次数至少少三次。

[0044] 热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少三次的隔室中的至少一个可以与热传递次数比相应隔室的可能的传递次数至少少两次的隔室中的一个相邻。流过相邻隔室中的一个的所有热过程流股、热制冷剂流股和冷制冷剂流股也可以流过相邻隔室中的另一个。

[0045] 本说明书中描述的主题的一种或多种实施方式的细节在附图和详述中给出。根据该描述、附图和权利要求书，所述主题的其他特征、方面和优点将变得明显。

[0046] 附图简述

[0047] 图1A是根据本公开内容的一种液体(凝液，liquid)回收系统的一个实例的示意图。

[0048] 图1B是根据本公开内容的一种用于液体回收系统的制冷系统的一个实例的示意图。

[0049] 图1C是根据本公开内容的一种冷箱的一个实例的示意图。

[0050] 详述

[0051] NGL回收系统

[0052] 气体加工装置可以通过将常见污染物如水、二氧化碳和硫化氢移除来纯化粗天然气或原油生产相关气体(或两者)。污染物中的一些具有经济价值并且可以加工、销售或两者兼备。一旦已经移除了污染物，就可以在气体加工装置的液体回收和销售气体压缩段中将天然气(或原料气)冷却、压缩并且分馏。在分离可作为销售气体用于家用和发电的甲烷气后，液相中的剩余烃混合物被称为天然气凝液(NGL)。可以将NGL在单独的装置中或者有时在同一气体加工装置中分馏为乙烷、丙烷和更重质的烃，以用于在化学和石化过程以及运输行业中的多种用途。

[0053] 气体加工装置的液体回收段包括一个或多个(例如三个)用于将原料气冷却和脱水的骤冷生产线和用于将甲烷气体与原料气中的更重质的烃如乙烷、丙烷和丁烷分离的脱甲烷塔。液体回收段可以任选地包括透平膨胀机(涡轮膨胀器，turbo-expander)。来自液体回收段的残余气体包含来自脱甲烷塔的经分离的甲烷气体，并且是最终的纯化销售气体，其被管道输送至市场。

[0054] 液体回收过程可以是重度热集成的，以实现与系统相关的所需能量效率。热集成可以通过以下方式实现：在过程中将相对热的流股与相对冷的流股匹配以回收来自过程的可用热量。热量的转移可以在位于气体加工装置的液体回收段的多个区域中的单独换热器例如壳管式换热器中或在冷箱中实现，其中在单个单元中多个相对热的流股将热量提供至

多个相对冷的流股。

[0055] 在一些实施方式中，液体回收系统可以包括冷箱、第一骤冷分离器、第二骤冷分离器、第三骤冷分离器、原料气脱水器、液体脱水器进料泵、脱甲烷塔进料聚结器、液体脱水器、脱甲烷塔和脱甲烷塔塔底泵。液体回收系统可以任选地包括脱甲烷塔再沸器泵。

[0056] 第一骤冷分离器是可以作为3-相分离器运行以将原料气分离为水、液体烃和蒸气烃流股的容器。第二骤冷分离器和第三骤冷分离器是可以将原料气分离为液相和蒸气相的容器。原料气脱水器是一种容器并且可以包括用于从原料气移除水的内部构件。在一些实施方式中，原料气脱水器包括分子筛床层。液体脱水器进料泵可以对来自第一骤冷分离器的液体烃流股加压，并且可以将流体传送至脱甲烷塔进料聚结器，所述脱甲烷塔进料聚结器是可以将经过第一骤冷分离器的液体烃流股中携带的夹带水移除的容器。液体脱水器是一种容器并且可以包括用于将液体烃流股中的任何残余水移除的内部构件。在一些实施方式中，液体脱水器包括活性氧化铝床层。脱甲烷塔是一种容器并且可以包括内部组件，例如塔板或填料，并且可以有效地作为蒸馏塔以蒸出甲烷气体。脱甲烷塔塔底泵可以对来自脱甲烷塔塔底的液体加压，并且可以将流体传送至储存装置，例如罐或球体(sphere)。脱甲烷塔再沸器泵可以对来自脱甲烷塔塔底的液体加压，并且可以将流体传送至热源，例如典型的换热器或冷箱。

[0057] 液体回收系统可以任选地包括辅助设备和变型设备，如另外的换热器和容器。在液体回收系统内、至液体回收系统和来自液体回收系统的蒸气、液体和气-液混合物的输送可以使用各种管道、泵和阀配置实现。在本公开内容中，“大约”意指最大10％的偏差或容差，并且所提及的值的任何改变在用于制造部件的任何机械装置的公差界限内。

[0058] 冷箱

[0059] 冷箱是一种多流股的板翅式换热器。例如，在一些方面，冷箱是一种具有多个(例如多于两个)入口和相应数量的多个(例如，多于两个)出口的板翅式换热器。每个入口接收流体(例如，液体)的流，并且每个出口输出流体(例如，液体)的流。板翅式换热器利用板和翅片室在流体之间转移热量。这样的换热器的翅片可以增大表面积与体积的比率，由此增大有效传热面积。因此，与在两种以上流体流之间交换热量的其他典型换热器(例如，壳管式)相比，板翅式换热器可以相对紧凑。

[0060] 板翅式冷箱可以包括将交换器分成多个段的多个隔室。流体流股可以进入和离开冷箱，从而经由一个或多个一起构成冷箱的隔室穿过冷箱。

[0061] 在穿过特定隔室时，穿过该隔室的一个或多个热流体将热量传送至穿过该隔室的一个或多个冷流股，从而将热量从一个或多个热流体“传递(passing)”至一个或多个冷流体。在本公开内容的情况下，“传递”是指在隔室内热量从热流股到冷流股的转移。可以认为从特定热流股传递至特定冷流股的热量的总量为单次“热传递(thermal pass)”。尽管任何给定隔室的配置可以具有一次或多次“物理传递”，即，流体从第一端(在那里流体进入隔室)到另一端(在那里流体离开隔室)物理地穿过隔室以实现“热传递”的次数，但是隔室的物理配置不是本公开内容的焦点。

[0062] 每个冷箱和冷箱内的每个隔室可以包括一次或多次热传递。每个隔室可以被视为其自身的具有构成冷箱整体的彼此流体连通的一系列隔室的单个换热器。因此，用于冷箱的换热器的数量是在每个隔室中发生的热传递次数的总和。每个隔室中的热传递次数可能

是进入和离开隔室的热流体的数量乘以进入和离开隔室的冷流体的数量的积。

[0063] 冷箱的简单版本可以作为一种用于确定用于冷箱的可能传递次数的示例。例如，包括三个隔室的冷箱具有进入和离开冷箱的两个热流体(热1和热2)和三个冷流体(冷1、冷2和冷3)。热1和冷1在第一隔室和第三隔室之间穿过冷箱，热2和冷2在第二和第三隔室之间穿过冷箱，并且冷3在第一和第二隔室之间穿过冷箱。使用此示例，第一隔室具有两次热传递：热1将热能传递至冷1和冷3；第二隔室具有六次热传递；热1将热量传递至冷1、冷2和冷3，并且热2也将热量传递至冷1、冷2和冷3；并且第三隔室具有四次热传递：热1将热量传递至冷1和冷2，并且热2也将热量传递至冷1和冷2。因此，基于隔室，在该示例性冷箱中可以存在的热传递次数是各隔室的单个乘积(2、6和4)的总和，或12次热传递。基于该示例性冷箱的各个隔室的入口和出口的配置，这是在该示例性冷箱中可以存在的最大热传递次数。所述确定假设在每个隔室中的所有热流股和所有冷流股都彼此热连通。

[0064] 在系统、方法和冷箱的一些实施方式中，热传递次数等于或小于冷箱的最大可能的传递次数。在一些这样的情况下，热流股和冷流股可以穿过隔室(并且因此使用基于隔室的方法作为可能的传递计数)；然而，来自热流股的热量不转移至冷流股。在这样的情况下，这样的隔室的热传递次数将小于可能的传递次数。同样，这样的冷箱的热传递次数将小于可能的传递次数。

[0065] 使用先前的示例但是有改动，可以证实这点。对于示例性冷箱规定，在第二隔室中存在抑制热能从热2转移至冷2的迁移技术或装置，第二隔室的热传递次数不再是六；现在是五。在这样的减少的情况下，冷箱的总热传递现在是十一，而不是如先前所确定的十二。

[0066] 在一些实施方式中，隔室可以具有比可能传递次数更少的热传递。在一些实施方式中，隔室中的热传递次数可以比可能传递次数少一、二、三、四、五或更多次。在一些实施方式中，冷箱中的热传递次数可以比冷箱的可能传递次数更少。

[0067] 冷箱可以以水平或垂直构造制造以有利于运输和安装。冷箱的实施方式也可以潜在地减小传热面积，这进而减小在现场安装中所需的占地空间。在某些实施方式中，冷箱包括板翅式换热器的热设计以处理液体回收过程中的大部分的待冷却热流股和待加热冷流股，由此允许避免与互连管道相关的成本，所述互连管道是采用多个各自仅包括两个入口和两个出口的单独换热器的系统所需要的。

[0068] 在某些实施方式中，冷箱包括允许低温操作的合金。这样的合金的一个实例是铝合金、钎焊铝、铜或黄铜。铝合金可以用于低温操作(例如，低于-100°F)，并且可以比其他合金相对更轻，从而可能导致降低的设备重量。冷箱可以处理液体回收过程中的单相液体、单相气体、汽化和冷凝流股。冷箱可以包括多个隔室，例如十个隔室，以在流股之间转移热量。冷箱可以专门设计用于液体回收系统的所需热和液压性能，并且可以合理地将热过程流股、冷过程流股和制冷剂流股视为不含造成结垢和侵蚀的污染物如碎屑、重油、沥青组分和聚合物的清洁流体。冷箱可以安装在具有互连管道、容器、阀门和仪器(全都作为包装单元、撬装块或模块被包括)的安全壳(containment)内。在某些实施方式中，可以为冷箱提供隔热。

[0069] 骤冷生产线

[0070] 原料气行进通过至少一个骤冷生产线(每个生产线包括冷却和液体-蒸气分离)以冷却原料气并且促进轻质烃与更重质烃的分离。例如，原料气行进通过三个骤冷生产线。温

度在大约130°F至170°F范围内的原料气流动至冷箱，所述冷箱将原料气冷却至在大约70°F至95°F范围内的温度。一部分的原料气通过冷箱冷凝，并且多相流体进入第一骤冷分离器，所述第一骤冷分离器将原料气分离为三相：烃原料气体、冷凝的烃液体和水。水可以流动至储存装置，如过程水回收罐，在那里可以使用水例如作为在气体处理单元中的补充。在后续的骤冷生产线中，分离器可以将流体分离为两相：烃气体和烃液体。在原料气行进通过每个骤冷生产线时，可以将原料气精制。换言之，当原料气在骤冷生产线中被冷却时，气体中的重质组分可以冷凝，而轻质组分可以保留在气体中。因此，与进入骤冷生产线的气体相比，离开分离器的气体可以具有更低的分子量。

[0071] 通过一个或多个液体脱水器进料泵从第一骤冷分离器泵送来自第一骤冷生产线的经冷凝的烃(也称为第一骤冷液体)。在某些实施方式中，液体可以具有足够的可用压力以利用阀门行进到下游，而不用使用泵对液体加压。第一骤冷液体行进通过脱甲烷塔进料聚结器以移除第一骤冷液体中夹带的任何游离水，从而避免对下游设备例如液体脱水器的损坏。移除的水可以流动至储存装置，如冷凝物缓冲罐(surge drum)。可以将剩余的第一骤冷液体传送至一个或多个液体脱水器，例如，一对液体脱水器，以进一步移除水和液体中可能存在的任何水合物。

[0072] 水合物是由氢和水的缔合分子形成的晶体物质，其具有晶体结构。水合物在气体管线中的积聚可能阻塞(并且在一些情况下，完全堵塞)管道并且对系统造成损坏。脱水的目的是将水的露点抑制到低于气体管线中可以预见的最低温度。气体脱水可以分类为吸收(通过液体介质脱水)和吸附(通过固体介质脱水)。二醇脱水是用于从天然气和NGL移除水的基于液体的干燥剂体系。在输送大的气体体积的情况下，二醇脱水可以是高效且经济的防止气体管线中的水合物形成的方式。

[0073] 在液体脱水器中的干燥可以包括使液体通过例如活性氧化铝氧化物或具有50％至60％氧化铝(Al_2O_3)含量的铝土矿的床层。在一些实施方式中，铝土矿的吸收容量为其自身质量的4.0％至6.5％。采用铝土矿可以将脱水气体中的水的露点降低至大约-65℃。气体脱水中的铝土矿的一些优点是小的空间需求、简单的设计、低的安装成本和简单的吸附剂再生。氧化铝在第一骤冷液体的条件下对水具有强亲和力。

[0074] 可以使用液体吸附剂将气体脱水。合适的液体吸附剂的理想品质包括在水中的高溶解度、经济可行性和耐腐蚀性。如果将吸附剂再生，容易再生的吸附剂并且具有低粘度的吸附剂是理想的。合适的吸附剂的一些实例包括二甘醇(DEG)、三甘醇(TEG)和乙二醇(MEG)。二醇脱水可以分类为吸收或注入方案。在吸收方案中的二醇脱水的情况下，二醇浓度可以是例如大约96％至99％，具有少量二醇损失。吸收方案中的二醇脱水的经济效率严重依赖于吸附剂损失。为了降低吸附剂损失，可以严格保持解吸器(即脱水器)的期望温度以将水与气体分离。可以利用添加剂来防止在气体-吸附剂接触区域上的可能发泡。在注入方案中的二醇脱水的情况下，可以在冷却气体时降低水的露点。在这样的情况下，将气体脱水，并且冷凝物也从冷却的气体脱出。采用液体吸附剂进行脱水允许连续的操作(与间歇式或半间歇式操作相比)，并且可以导致降低的资本和运行成本(与固体吸附剂相比)，降低的整个脱水系统上的压差(与固体吸附剂相比)和避免在固体吸附剂的情况下可能发生的潜在中毒。

[0075] 吸湿性离子液体(如甲磺酸盐$CH_3O_3S^-$)可以用于气体脱水。一些离子液体可以利用

空气再生，并且在一些情况下，采用离子液体体系的气体干燥容量可以比二醇脱水体系的容量的两倍还高。

[0076] 可以并联地安装两个液体脱水器：一个液体脱水器在运行，并且另一个进行氧化铝的再生。一旦在一个液体脱水器中的氧化铝饱和，就将该液体脱水器取下停用并且再生，同时使液体穿过另一个液体脱水器。经脱水的第一骤冷液体离开液体脱水器并且被传送至脱甲烷塔。在某些实施方式中，可以将第一骤冷液体从第一骤冷分离器直接传送至脱甲烷塔。经脱水的第一骤冷液体也可以在进入脱甲烷塔之前穿过冷箱以进一步冷却。

[0077] 来自第一骤冷分离器的烃原料气(也称为第一骤冷蒸气)流动至一个或多个原料气脱水器以进行干燥，例如，三个原料气脱水器。第一骤冷蒸气可以在进入原料气脱水器之前穿过除雾器(demister)。在某些实施方式中，三个气体脱水器中的两个可以是在任何给定时间运转的，而第三气体脱水器处于再生或备用状态。气体脱水器中的干燥可以包括使烃气穿过分子筛床层。分子筛在烃气体的条件下对水具有强亲和力。一旦在气体脱水器中的一个中的分子筛饱和，就将该气体脱水器取下停用以进行再生，同时使先前停用的气体脱水器运转。脱水的第一骤冷蒸气离开原料气脱水器并且进入冷箱。在某些实施方式中，可以将第一骤冷蒸气从第一骤冷分离器直接传送至冷箱。冷箱可以将脱水的第一骤冷蒸气冷却至在大约-30°F至20°F范围内的温度。一部分脱水的第一骤冷蒸气通过冷箱冷凝，并且多相流体进入第二骤冷分离器。第二骤冷分离器将烃液(也称为第二骤冷液体)与第一骤冷蒸气分离。将第二骤冷液体传送至脱甲烷塔。第二骤冷液体可以在进入脱甲烷塔之前穿过冷箱以进行冷却。第二骤冷液体可以任选地在进入脱甲烷塔之前与第一骤冷液体合并。

[0078] 来自第二骤冷分离器的气体(也称为第二骤冷蒸气)流动至冷箱。在某些实施方式中，冷箱将第二骤冷蒸气冷却至在大约-60°F至-40°F范围内的温度。在某些实施方式中，冷箱将第二骤冷蒸气冷却至在大约-100°F至-80°F范围内的温度。一部分的第二骤冷蒸气通过冷箱冷凝，并且多相流体进入第三骤冷分离器。第三骤冷分离器将烃液体(也称为第三骤冷液体)与第二骤冷蒸气分离。将第三骤冷液体传送至脱甲烷塔。

[0079] 来自第三骤冷分离器的气体也称为高压残余气体。在某些实施方式中，高压残余气体穿过冷箱并且升温至在大约120°F至140°F范围内的温度。在某些实施方式中，一部分的高压残余气体在进入脱甲烷塔之前穿过冷箱并且冷却至在大约-160°F至-150°F范围内的温度。可以将高压残余气体加压并且作为销售气体销售。

[0080] 脱甲烷塔

[0081] 脱甲烷塔从在冷箱和骤冷生产线中由原料气中冷凝出的烃中移出甲烷。脱甲烷塔接收第一骤冷液体、第二骤冷液体和第三骤冷液体作为进料。在某些实施方式中，脱甲烷塔的另外的进料来源可以包括多个过程出口(process vent)，如丙烷缓冲罐的出口、丙烷冷凝器的出口、脱甲烷塔塔底泵的出口和最小流线以及NGL缓冲罐的缓冲出口管线。在某些实施方式中，脱甲烷塔的另外的进料来源可以包括来自第三骤冷分离器、透平膨胀机或两者的高压残余气体。

[0082] 来自脱甲烷塔顶部的残余气体也称为塔顶低压残余气体。在某些实施方式中，塔顶低压残余气体以在大约-170°F至-150°F范围内的温度进入冷箱。在某些实施方式中，塔顶低压残余气体以在大约-120°F至-100°F范围内的温度进入冷箱，并且以在大约20°F至40°F范围内的温度离开冷箱。可以将塔顶低压残余气体加压并且作为销售气体销售。

[0083] 脱甲烷塔塔底泵将来自脱甲烷塔塔底的液体(也称为脱甲烷塔塔底产物)加压,并且将流体传送至储存装置,如NGL球体。脱甲烷塔塔底产物可以以在大约25°F至75°F范围内的温度运行。脱甲烷塔塔底产物可以任选地在传送至储存装置之前穿过冷箱以被加热至在大约85°F至105°F范围内的温度。脱甲烷塔塔底产物可以任选地在传送至储存装置之后穿过换热器或冷箱以被加热至在大约65°F至110°F范围内的温度。脱甲烷塔塔底产物包括比甲烷更重质(即具有更高的分子量)的烃,并且可以被称为天然气凝液。可以将天然气凝液进一步分馏为单独的烃流股,如乙烷、丙烷、丁烷和戊烷。

[0084] 将在脱甲烷塔塔底的液体中的一部分(也称为脱甲烷塔再沸器进料)按路线输送至冷箱,在那里使液体部分地或完全地沸腾,并且将其按路线输送回脱甲烷塔。在某些实施方式中,脱甲烷塔再沸器进料基于在脱甲烷塔塔底的可用液体压头而液压流动。任选地,脱甲烷塔再沸器泵可以将脱甲烷塔再沸器进料加压以提供流动。在某些实施方式中,脱甲烷塔再沸器进料以在大约0°F至20°F范围内的温度运行,并且在冷箱中被加热至在大约20°F至40°F范围内的温度。在某些实施方式中,脱甲烷塔再沸器进料在冷箱中被加热至在大约55°F至75°F范围内的温度。来自脱甲烷塔的一个或多个侧线流股可以任选地穿过冷箱并且返回脱甲烷塔。

[0085] 透平膨胀机

[0086] 液体回收系统可以包括透平膨胀机。透平膨胀机是气体通过其可以膨胀以产生功的膨胀涡轮机。所产生的功可以用于驱动压缩机,所述压缩机可以与涡轮机机械连接。来自第三骤冷分离器的高压残余气体中的一部分可以在进入脱甲烷塔之前通过透平膨胀机膨胀并且冷却。膨胀功可以用于压缩塔顶低压残余气体。在某些实施方式中,在透平膨胀机的压缩部中压缩塔顶低压残余气体以将其作为销售气体输送。

[0087] 一次制冷系统

[0088] 液体回收过程通常需要冷却至用一般水或空气冷却无法达到的温度,例如,低于0°F。因此,液体回收过程包括制冷系统以向过程提供冷却。制冷系统可以包括制冷回路,其涉及循环通过蒸发、压缩、冷凝和膨胀的制冷剂。制冷剂的蒸发向诸如液体回收的过程提供冷却。

[0089] 制冷系统包括制冷剂、冷箱、分离罐(knockout drum)、压缩机、空气冷却器、水冷却器、进料罐、节流阀和分离器。制冷系统可以任选地包括另外的分离罐、另外的压缩机和另外的分离器,其在不同压力下运行以允许在不同温度的冷却。制冷系统可以任选地包括一个或多个过冷器。另外的过冷器可以位于进料罐的上游或下游。另外的过冷器可以在制冷系统内的流股之间转移热量。

[0090] 因为制冷剂通过蒸发向过程提供冷却,所以基于与过程中所需的最低温度相比的期望沸点,同时考虑制冷剂的再压缩来选择制冷剂。制冷剂(也称为一次制冷剂)可以是多种非甲烷烃如乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、正丁烷、异丁烷和正戊烷的混合物。C_2烃是具有两个碳原子的烃,如乙烷和乙烯。C_3烃是具有三个碳原子的烃,如丙烷和丙烯。C_4烃是具有四个碳原子的烃,如丁烷和丁烯的异构体。C_5烃是具有五个碳原子的烃,如戊烷和戊烯的异构体。在某些实施方式中,一次制冷剂具有在大约1摩尔%至80摩尔%范围内的乙烷的组成。在某些实施方式中,一次制冷剂具有在大约1摩尔%至45摩尔%范围内的乙烯的组成。在某些实施方式中,一次制冷剂具有在大约1摩尔%至25摩尔%范围内的丙烷的组成。在某些实施方

式中，一次制冷剂具有在大约1摩尔％至45摩尔％范围内的丙烯的组成。在某些实施方式中，一次制冷剂具有在大约1摩尔％至20摩尔％范围内的正丁烷的组成。在某些实施方式中，一次制冷剂具有在大约2摩尔％至60摩尔％范围内的异丁烷的组成。在某些实施方式中，一次制冷剂具有在大约1摩尔％至15摩尔％范围内的正戊烷的组成。

[0091] 分离容器是直接位于压缩机上游的容器，其用于分离在进行压缩之前可能在流股中的任何液体，因为液体的存在可能会损坏压缩机。压缩机是提高气体如气化的制冷剂的压力的机械装置。在制冷系统的情况下，制冷剂的压力升高提高了沸点，这可以使得制冷剂能够利用空气、水、其他制冷剂或它们的组合进行冷凝。空气冷却器(也称为翅扇式换热器或气冷冷凝器)是利用风扇使空气在表面上流动以冷却流体的换热器。在制冷系统的情况下，在已经将制冷剂压缩之后，空气冷却器向制冷剂提供冷却。水冷却器是利用水冷却流体的换热器。在制冷系统的情况下，在已经将制冷剂压缩之后，水冷却器也向制冷剂提供冷却。在某些实施方式中，使制冷剂冷凝可以利用一个或多个空气冷却器来完成。在某些实施方式中，使制冷剂冷凝可以利用一个或多个水冷却器来完成。进料罐(也称为进料缓冲罐)是含有一定液位的制冷剂，以使得即使在制冷回路的一个或多个区域中存在一些偏差，回路也可以继续运行的容器。节流阀是引导或控制流体如制冷剂的流动的装置。在制冷剂行进通过节流阀时，制冷剂的压力降低。压力降低可以导致制冷剂闪蒸，即蒸发。分离器是将流体分离为液相和蒸气相的容器。制冷剂的液体部分可以在换热器例如冷箱中蒸发以向系统如液体回收系统提供冷却。

[0092] 一次制冷剂从进料罐流过节流阀，并且将压力降低至大约1至2巴。通过阀门的压力降低使一次制冷剂冷却至在大约-100°F至-10°F范围内的温度。通过阀门的压力降低还可以使一次制冷剂闪蒸(即蒸发)为两相混合物。一次制冷剂在分离器中分离为液相和蒸气相。一次制冷剂的液体部分流动至冷箱。在一次制冷剂蒸发时，一次制冷剂向另一过程如天然气凝液回收过程提供冷却。蒸发的一次制冷剂以在大约70°F至160°F范围内的温度离开冷箱。蒸发的一次制冷剂可以与来自分离器的一次制冷剂的蒸气部分混合，并且进入以在大约1至10巴范围内的压力运行的分离罐。压缩机将一次制冷剂的压力提高至在大约9至35巴范围内的压力。压力升高可以使一次制冷剂温度升高至在大约150°F至450°F范围内的温度。通过空气冷却器和水冷却器使压缩机出口蒸气冷凝。在某些实施方式中，使用多个空气冷却器或水冷却器或两者的组合使一次制冷剂蒸气冷凝。空气冷却器和水冷却器的总负荷可以在大约30至360MMBtu/h的范围内。在冷却器下游的经冷凝的一次制冷剂可以具有在大约80°F至100°F范围内的温度。一次制冷剂返回进料罐以继续制冷循环。在某些实施方式中，可以存在另外的节流阀、分离罐、压缩机和分离器，其处理一部分一次制冷剂。

[0093] 二次制冷系统

[0094] 在某些实施方式中，制冷系统包括另外的制冷剂回路，所述另外的制冷剂回路包括二次制冷剂、蒸发器、喷射器、冷却器、节流阀和循环泵。另外的制冷剂回路可以使用与一次制冷剂不同的二次制冷剂。

[0095] 二次制冷剂可以是烃，如异丁烷。蒸发器是向流体例如二次制冷剂提供加热的换热器。喷射器是将动力流体中可用的压力能转化为速度能，带入处于比动力流体更低压力的吸入流体，并且在不使用旋转或移动部件的情况下排出处于中间压力的混合物的装置。冷却器是向流体例如二次制冷剂提供冷却的换热器。节流阀在流体例如二次制冷剂流过阀

门时使流体的压力降低。循环泵是提高液体如冷凝的制冷剂的压力的机械装置。

[0096] 这种二次制冷回路在一次制冷剂的制冷回路的冷凝部分中提供另外的冷却。可以将二次制冷剂分裂为两个流股。一个流股可以用于在过冷器中将一次制冷剂过冷，并且另一个流股可以用于从在位于一次制冷回路中的空气冷却器上游的蒸发器中的一次制冷剂回收热量。二次制冷剂的用于将一次制冷剂过冷的部分可以行进通过节流阀以将运行压力降低在大约2至3巴的范围内并且将运行温度降低在大约40°F至70°F的范围内。为了将一次制冷剂过冷，二次制冷剂从在过冷器中的一次制冷剂接收热量，并且升温至在大约45°F至85°F范围内的温度。二次制冷剂的用于从一次制冷剂回收热量的部分可以通过循环泵加压，并且可以具有在大约10至20巴范围内的运行压力和在大约90°F至110°F范围内的运行温度。二次制冷剂从在蒸发器中的一次制冷剂回收热量，并且升温至在170°F至205°F范围内的温度。二次制冷剂的分裂流股可以在喷射器中混合，并且在大约4至6巴的中间压力和在大约110°F至150°F范围内的中间温度下排放。二次制冷剂可以穿过冷却器例如水冷却器，并且在大约4至6巴和85°F至105°F下冷凝为液体。冷却器的冷却负荷可以在大约60至130MMBtu/h的范围内。二次制冷剂可以在冷却器下游分裂为两个流股以继续二次制冷循环。

[0097] 制冷系统可以任选地包括辅助设备和变体设备，如另外的换热器和容器。在制冷系统内的、至制冷系统和来自制冷系统的蒸气、液体和气-液混合物的输送可以使用各种管道、泵和阀配置实现。

[0098] 流动控制系统

[0099] 在之后描述的配置的每一种中，过程流股(也称为“流股”)在气体加工装置中的各个单元内以及在气体加工装置中的单元之间流动。可以使用在整个气体加工装置中实施的一个或多个流动控制系统使过程流股流动。流动控制系统可以包括一个或多个用于泵送过程流股的流动泵、一个或多个过程流股流过的流动管道和一个或多个用于调节流股穿过管道的流动的阀门。

[0100] 在一些实施方式中，流动控制系统可以手动操作。例如，操作人员可以通过改变阀门的位置(打开、部分打开或关闭)来设定各个泵的流量，从而调节过程流股穿过流动控制系统中的管道的流动。一旦操作人员已经对分布在气体加工装置上的所有流动控制系统设定了流量和阀门位置，流动控制系统就可以使流股在单元内或在单元之间在恒流条件例如恒定体积或质量流量条件下流动。为了改变流动条件，操作人员可以例如通过改变阀门位置来手动地操作流动控制系统。

[0101] 在一些实施方式中，流动控制系统可以自动操作。例如，流动控制系统可以连接至计算机系统以操作流动控制系统。计算机系统可以包括存储可由一个或多个处理器执行以执行操作(如流动控制操作)的指令(如流动控制指令)的计算机可读介质。例如，操作人员可以通过使用计算机系统设定分布在气体加工装置上的所有流动控制系统的阀门位置来设定流量。在这样的实施方式中，操作人员可以通过经由计算机系统提供输入而手动改变流动条件。在这样的实施方式中，计算机系统可以例如使用在一个或多个单元中实施且连接至计算机系统的反馈系统自动(即，无需手动干预)控制流动控制系统中的一个或多个。例如，传感器(如压力传感器或温度传感器)可以连接至过程流股流过的管道。传感器可以监测过程流股的流动条件(如压力或温度)，并且将其提供至计算机系统。响应于偏离设定

值(如目标压力值或目标温度值)或超过阈值(如阈值压力值或阈值温度值)的流动条件,计算机系统可以自动执行操作。例如,如果管道中的压力或温度分别超过阈值压力值或阈值温度值,则计算机系统可以提供用于打开阀门以释放压力的信号或用于关闭过程流股流动的信号。

[0102] 在一些实施方式中,此处描述的技术可以使用将在气体加工装置中的各个过程流股和制冷剂流股上的换热整合的冷箱来实施,并且呈现为使得任何本领域技术人员能够在一个或多个具体实施方式的情况下制作和使用所公开的主题。在不脱离本公开内容的范围的情况下,可以进行对所公开的实施方式的多种改变、变化和置换,并且其对本领域普通技术人员将会是明显的,并且所限定的一般原理可以适用于其他实施方式和应用。在一些情况下,对于获得对所描述主体的理解不必要的细节可以省略,从而不使一个或多个所描述的实施方式因不必要细节而模糊不清,并且因为这样的细节在本领域普通技术人员的技能范围内。本公开内容并不打算限于所描述或所示出的实施方式,而是旨在符合与所描述的原理和特征一致的最宽范围。

[0103] 本说明书中描述的主题可以以具体的实施方式实施,以实现以下优点中的一个或多个。冷箱可以减小NGL回收过程所需的总传热面积,并且可以代替多个换热器,从而减少所需的占地空间量和材料成本。与常规制冷系统相比,该制冷系统可以使用较低的与压缩制冷剂流股相关的功率,从而降低运行成本。使用混合的烃制冷剂可能减少制冷循环的数量(与使用单组分制冷剂的多次循环的制冷系统相比),从而减少制冷系统中的设备的数量。NGL回收系统和制冷系统二者的过程强化可以导致降低的维护、操作和备件成本。其他优点对于本领域普通技术人员来说将会是明显的。

[0104] 参照图1A,液体回收系统100可以将原料气101中的甲烷气体与更重质的烃分离。原料气101可以行进通过一个或多个骤冷生产线(例如,三个)(每个生产线包括冷却和液体-蒸气分离)以将原料气101冷却。原料气101流动至可以将原料气101冷却的冷箱199。原料气101的一部分可以通过冷箱199冷凝,并且多相流体进入第一骤冷分离器102,其可以将原料气101分离为三相:烃原料气103、冷凝的烃105和水107。水107可以流动至储存装置,如过程回收罐,在那里可以使用水,例如作为气体处理单元中的补充。

[0105] 可以通过一个或多个液体脱水器进料泵110从第一骤冷分离器102泵送冷凝的烃105(也称为第一骤冷液体105)。可以将第一骤冷液体105泵送通过脱甲烷塔进料聚结器112以移除第一骤冷液体105中夹带的任何游离水。移除的水111可以流动至储存装置,如冷凝物缓冲罐。其余的第一骤冷液体109可以流动至一个或多个液体脱水器114,例如一对液体脱水器。经脱水的第一骤冷液体113离开液体脱水器114并且可以流动至脱甲烷塔150。

[0106] 来自第一骤冷分离器102的烃原料气103(也称为第一骤冷蒸气103)可以流动至一个或多个原料气脱水器108以进行干燥,例如,三个原料气脱水器。第一骤冷蒸气103可以在进入原料气脱水器108之前穿过除雾器(未示出)。经脱水的第一骤冷蒸气115离开原料气脱水器108并且可以进入冷箱199。冷箱199可以将经脱水的第一骤冷蒸气115冷却。经脱水的第一骤冷蒸气115的一部分可以通过冷箱199冷凝,并且多相流体进入第二骤冷分离器104。第二骤冷分离器104可以将烃液117(也称为第二骤冷液体117)与气体119分离。第二骤冷液体117可以流动至脱甲烷塔150。

[0107] 来自第二骤冷分离器104的气体119(也称为第二骤冷蒸气119)可以流动至冷箱

199。冷箱199可以将第二骤冷蒸气119冷却。第二骤冷蒸气119的一部分可以通过冷箱199冷凝，并且多相流体进入第三骤冷分离器106。第三骤冷分离器106可以将烃液121(也称为第三骤冷液体121)与气体123分离。第三骤冷液体121可以流动至脱甲烷塔150。

[0108] 来自第三骤冷分离器106的气体123也称为高压(HP)残余气体123。HP残余气体123可以流过冷箱199并且被加热。可以将HP残余气体123加压并且作为销售气体销售。

[0109] 脱甲烷塔150可以接收第一骤冷液体113、第二骤冷液体117和第三骤冷液体121作为进料。脱甲烷塔150的另外的进料来源可以包括多个过程出口，如丙烷缓冲罐的出口、丙烷冷凝器的出口、脱甲烷塔塔底泵的出口和最小流线以及NGL缓冲罐的缓冲出口管线。来自脱甲烷塔150顶部的残余气体也称为塔顶低压(LP)残余气体153。在塔顶LP残余气体153流过冷箱199时，塔顶LP残余气体153可以被加热。可以将塔顶LP残余气体153加压并且作为销售气体销售。销售气体可以主要由甲烷组成(例如，至少89摩尔％的甲烷)。

[0110] 脱甲烷塔塔底泵152可以将来自脱甲烷塔150塔底的液体151(也称为脱甲烷塔塔底产物151)加压，并且将流体传送至储存装置，如NGL球体。脱甲烷塔塔底产物151可以在被传送至储存装置之前流过冷箱199以被加热。脱甲烷塔塔底产物151也可以称为天然气凝液，并且可以主要由比甲烷更重质的烃组成(例如，至少99.5摩尔％的比甲烷更重质的烃)。

[0111] 在脱甲烷塔150塔底处的液体中的一部分(也称为脱甲烷塔再沸器进料155)可以流动至冷箱199，在那里可以使液体部分地或完全地气化，并且将其按路线输送回脱甲烷塔150。脱甲烷塔再沸器泵154可以将脱甲烷塔再沸器进料155加压以提供流动。在脱甲烷塔再沸器进料155流过冷箱199时，脱甲烷塔再沸器进料155可以离开脱甲烷塔150并且在冷箱199中被加热至在大约30°F至40°F范围内的温度。

[0112] 图1A的液体回收过程100可以包括如图1B所示的制冷系统160以提供冷却。制冷系统160可以包括制冷回路，如一次制冷剂161的一次制冷回路160A(实线)。一次制冷剂161可以是C_2烃(37摩尔％至47摩尔％)和C_4烃(53摩尔％至63摩尔％)的混合物。在一个具体实例中，一次制冷剂161由42摩尔％乙烯和58摩尔％异丁烷组成。大约65至70kg/s的一次制冷剂161可以从进料罐180流动至一个或多个过冷器，如串联的过冷器174和176。当一次制冷剂161流过过冷器174和176时，一次制冷剂161可以分别被冷却至在大约50°F至60°F范围内的温度，然后被冷却至在大约35°F至45°F范围内的温度。一次制冷剂161可以流过冷箱199并且进一步冷却至在大约-40°F至-30°F范围内的温度。一次制冷剂161可以流过节流阀182，并且压力降低至大约1至2巴。通过阀门182的压力降低可以使一次制冷剂161被冷却至在大约-100°F至-90°F范围内的温度。通过阀门182的压力降低还可以使一次制冷剂161闪蒸(即蒸发)为两相混合物。一次制冷剂161可以在分离器186中分离为液相和蒸气相。

[0113] 一次制冷剂161的液相163(也称为一次制冷剂液体163)可以具有与一次制冷剂161不同的组成，这取决于在分离器186的运行条件下的气-液平衡。一次制冷剂液体163可以是乙烯(19摩尔％至29摩尔％)和异丁烷(71摩尔％至81摩尔％)的混合物。在一个具体实例中，一次制冷剂液体163由23.6摩尔％乙烯和76.4摩尔％异丁烷(74摩尔％至79摩尔％)组成。一次制冷剂液体163可以从分离器186流动至冷箱199，例如，以大约50至60kg/s的流量。当一次制冷剂液体163在冷箱199中蒸发时，一次制冷剂液体163可以向液体回收过程100提供冷却。一次制冷剂液体163可以作为大部分是蒸气以在大约70°F至90°F范围内的温度离开冷箱199。

[0114] 一次制冷剂的蒸气相167(也称为一次制冷剂蒸气167)可以具有与一次制冷剂161的组成不同的组成。一次制冷剂蒸气167可以是乙烯(90摩尔％至99.9摩尔％)和异丁烷(0.1摩尔％至10摩尔％)的混合物。在一个具体实例中，一次制冷剂蒸气167由96.5摩尔％乙烯和3.5摩尔％异丁烷组成。一次制冷剂蒸气167可以从分离器186流出，例如，以大约5至15kg/s的流量。一次制冷剂蒸气167可以流动至过冷器176并且被加热至在大约40°F至50°F范围内的温度。

[0115] 来自冷箱199的现在被气化的一次制冷剂液体163可以与来自过冷器176的经加热的蒸气相167混合以重新形成一次制冷剂161。然后一次制冷剂161进入在大约1至2巴下运行的分离罐162。离开分离罐162到压缩机166的抽吸部的一次制冷剂161可以具有在大约60°F至100°F范围内的温度。压缩机166可以使用大约50-60MMBtu/h(例如，大约54MMBtu/h(16MW))将一次制冷剂161的压力提高至在大约20至25巴范围内的压力。压力升高可以使一次制冷剂161温度升高至在大约320°F至340°F范围内的温度。一次制冷剂161可以在其流过蒸发器190、空气冷却器170和水冷却器172时冷凝。蒸发器190、空气冷却器170和水冷却器172的总负荷可以是大约120-130MMBtu/h(例如，大约123MMBtu/h)。在冷却器172下游的一次制冷剂161可以具有在大约80°F至90°F范围内的温度。一次制冷剂161可以返回进料罐180以继续一次制冷回路160A。

[0116] 制冷系统160可以包括具有二次制冷剂171的二次制冷回路160B(虚线)。二次制冷剂171可以是烃流体，如异丁烷。大约40至60kg/s的二次制冷剂171可以以在大约90°F至100°F范围内的温度从水冷却器194流出。

[0117] 在一些实施方式中，可以将二次制冷剂171分配用于多种用途。可以通过循环泵196将二次制冷剂171的第一部分171a(例如，从水冷却器194出来的大约20质量％至30质量％的二次制冷剂171)加压至在10至20巴范围内的压力，并且可以将其导向蒸发器190。可以将流过蒸发器190的二次制冷剂171的第一部分171a加热至在大约185°F至205°F范围内的温度，这使二次制冷剂171的第一部分171a气化。二次制冷剂171的第一部分171a(其可以是蒸气或两相混合物)可以流动至喷射器192，并且可以用作动力流体。

[0118] 二次制冷剂171的第二部分171b可以流过节流阀198，并且压力降低至大约2至3巴。通过阀门198的压力降低可以使二次制冷剂171的第二部分171b被冷却至在大约40°F至50°F范围内的温度。通过阀门198的压力降低也可以使二次制冷剂171的第二部分171b闪蒸(即蒸发)为两相混合物。二次制冷剂171的第二部分171b可以流过过冷器174，并且被加热至在大约50°F至60°F范围内的温度，这使任何残留的液体气化。二次制冷剂171的第二部分171b可以作为吸入流体流动至喷射器192。来自蒸发器190的二次制冷剂171的第一部分171a和来自过冷器174的二次制冷剂171的第二部分171b可以在喷射器192中混合以重新形成二次制冷剂171。二次制冷剂171以在大约4至5巴范围内的中间压力和在大约130°F至140°F范围内的中间温度离开喷射器192。二次制冷剂171可以返回水冷却器194以继续二次制冷回路160B。

[0119] 图1C示出了冷箱199隔室以及热流股和冷流股的，所述热流股和冷流股包括液体回收系统100的各种过程流股、一次制冷剂161和一次制冷剂液体163。冷箱199可以包括12个隔室，并且处理在多个流股如三个过程热流股、一个制冷剂热流股、四个过程系统冷流股和一个制冷剂冷流股之间的热量转移。在一些实施方式中，来自四个热流股的热能通过多

个冷流股回收，并且不消耗于环境。能量交换和热回收可以在单个装置如冷箱199中进行。冷箱199可以具有热流股流过的热侧和冷流股流过的冷侧。这些热流股可以在热侧重叠，即一个或多个热流股可以流过单个隔室；然而，在任何隔室中都没有热过程流股与另一个热过程流股重叠。一个热流股可以在单个隔室中与一个或多个冷流股交换热量。一个热过程流股可以与所有冷流股交换热量。在一些实施方式中，一次制冷剂161是热流股，其将热量提供至一个或多个冷流股。在一些实施方式中，一次制冷剂161在冷箱199的至少一个隔室中与一次制冷剂液体163交换热量。在一些实施方式中，一次制冷剂161具有与一次制冷剂液体163不同的组成。这些冷流股可以在冷侧重叠，即一个或多个冷流股可以流过单个隔室。在一些实施方式中，没有冷流股仅在一个隔室处进入和离开冷箱199，即所有冷流股都至少穿越多个隔室。三个冷流股(HP残余气体123、塔顶LP残余气体153和一次制冷剂液体163)接收来自所有四个热流股(原料气101、脱水的第一骤冷蒸气115、第二骤冷蒸气119和一次制冷剂161)的热量。一个冷流股(塔顶LP残余气体153)是仅有的穿过冷箱199的全部十二个隔室的流体。冷箱199可以具有垂直或水平的取向。冷箱199温度分布特性可以是从隔室#12至隔室#1的温度降低。

[0120] 在某些实施方式中，原料气101在隔室#12进入冷箱199并且在隔室#10离开而到达第一骤冷分离器102。在隔室#10至#12上，原料气101可以将其可用热负荷提供至多个冷流股：塔顶LP残余气体153，其可以在隔室#1进入冷箱199并且在隔室#12离开；HP残余气体123，其可以在隔室#3进入冷箱199并且在隔室#12离开；脱甲烷塔塔底产物151，其可以在隔室#9进入冷箱199并且在隔室#11离开；和一次制冷剂液体163，其可以在隔室#2进入冷箱199并且在隔室#10离开。

[0121] 在某些实施方式中，来自原料气脱水器108的脱水的第一骤冷蒸气115在隔室#9进入冷箱199并且在隔室#5离开而到达第二骤冷分离器104。在隔室#5至#9上，经脱水的第一骤冷蒸气115可以将其可用热负荷提供至多个冷流股：来自脱甲烷塔150的塔顶LP残余气体153，其可以在隔室#1进入冷箱199并且在隔室#12离开；HP残余气体123，其可以在隔室#3进入冷箱199并且在隔室#12离开；脱甲烷塔塔底产物151，其可以在隔室#9进入冷箱199并且在隔室#11离开；一次制冷剂液体163，其可以在隔室#2进入冷箱199并且在隔室#10离开；和脱甲烷塔再沸器进料155，其可以在隔室#6进入冷箱199并且在隔室#7离开。在某些实施方式中，经脱水的第一骤冷蒸气115将热量提供至所有冷流股。

[0122] 在某些实施方式中，来自第二骤冷分离器104的第二骤冷蒸气119在隔室#4进入冷箱199并且在隔室#1离开而到达第三骤冷分离器106。在隔室#1至#4上，第二骤冷蒸气119可以将其可用热负荷提供至多个冷流股：来自脱甲烷塔150的塔顶LP残余气体153，其可以在隔室#1进入冷箱199并且在隔室#12离开；HP残余气体123，其可以在隔室#3进入冷箱199并且在隔室#12离开；和一次制冷剂液体163，其可以在隔室#2进入冷箱199并且在隔室#10离开。

[0123] 冷箱199可以包括39次热传递，但是具有46次可能的传递，如可以使用先前提供的方法确定的。在下表中提供了冷箱199的流股数据和热量转移数据的一个实例：

[0124]

隔室编号	隔室负荷 (MMBtu/h)	传递次数	传递负荷 (MMBtu/h)	热流股编号	冷流股编号
1	1	1	1	119	153
2	2	2	0.2	119	153
2	2	3	2	119	163
3	28	4	2	119	153
3	28	5	6	119	123
3	28	6	20	119	163
4	2	7	0.1	161	153
4	2	8	0.3	161	123
4	2	9	0.1	161	163
4	2	10	1	119	163
5	54	11	4	161	153
5	54	12	9	161	123
5	54	13	2	115	123
5	54	14	39	115	163
6	31	15	1	161	153
6	31	16	2	161	123
6	31	17	4	161	163
6	31	18	5	115	163
6	31	19	19	115	155
7	14	20	0.4	115	153
7	14	21	1	115	123
7	14	22	4	115	163
7	14	23	9	115	155
8	2	24	0.1	115	153
8	2	25	0.3	115	123
8	2	26	1	115	163
9	22	27	1	115	153
9	22	28	3	115	123
9	22	29	6	115	151
9	22	30	11	115	163
10	31	31	2	101	153
10	31	32	5	101	123
10	31	33	9	101	151
10	31	34	16	101	163
11	9	35	1	101	153
11	9	36	3	101	123
11	9	37	5	101	151
12	8	38	2	101	153
12	8	39	6	101	123

[0125]

[0126] 冷箱199分布在其12个隔室上的总热负荷可以是大约200-210MMBtu/h(例如,大约203MMBtu/h),其中制冷部分是大约100-110MMBtu/h(例如,大约103MMBtu/h)。

[0127] 隔室#1的热负荷可以是大约0.1-10MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)。隔室#1可以具有将热量从第二骤冷蒸气119(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)的一次传递(如P1)。在某些实施方式中,热流股119的温度通过隔室#1降低大约0.1°F至10°F。在某些实施方式中,冷流股153的温度通过隔室#1升高大约10°F至20°F。P1的热负荷可以是大约0.8-1.2MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)。

[0128] 隔室#2的热负荷可以是大约0.1-10MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)。隔室#2可以具有将热量从第二骤冷蒸气119(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的两次传递(如P2和P3)。在某些实施方式中,热流股119的温度通过隔室#2降低大约0.1°F至10°F。在某些实施方式中,冷流股153和163的温度通过隔室#2升高大约0.1°F至10°F。P2和P3的热负荷可以分别是大约0.1-0.3MMBtu/h(例如,大约0.2MMBtu/h)和大约1-3MMBtu/h(例如,大约2MMBTU/h)。

[0129] 隔室#3的热负荷可以是大约23-33MMBtu/h(例如,大约28MMBtu/h)。隔室#3可以具有将热量从第二骤冷蒸气119(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的三次传递(如P4、P5和P6)。在某些实施方式中,热流股119的温度通过隔室#3降低大约45°F至55°F。在某些实施方式中,冷流股153、123和163的温度通过隔室#3升高大约30°F至40°F。P4、P5和P6的热负荷可以分别是大约1-3MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)、大约5-7MMBtu/h(例如,大约6MMBtu/h)和大约15-25MMBtu/h(例如,大约20MMBtu/h)。

[0130] 隔室#4的热负荷可以是大约0.1-10MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)。隔室#4可以具有六次可能的传递;然而,在一些实施方式中,隔室#4具有将热量从一次制冷剂161(热)和第二骤冷蒸气119(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的四次传递(如P7、P8、P9和P10)。在某些实施方式中,热流股161和119的温度通过隔室#4降低大约0.1°F至10°F。在某些实施方式中,冷流股153、123和163的温度通过隔室#4升高大约0.1°F至10°F。P7、P8、P9和P10的热负荷可以分别是大约0.1-0.2MMBtu/h(例如,大约0.1MMBtu/h)、大约0.2-0.4MMBtu/h(例如,大约0.3MMBtu/h)、大约0.1-0.2MMBtu/h(例如,大约0.1MMBtu/h)和大约0.8-1.2MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)。

[0131] 隔室#5的热负荷可以是大约50-60MMBtu/h(例如,大约54MMBtu/h)。隔室#5可以具有六次可能的传递;然而,在一些实施方式中,隔室#5具有将热量从一次制冷剂161(热)和脱水的第一骤冷蒸气115(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的四次传递(如P11、P12、P13和P14)。在某些实施方式中,热流股161和115的温度通过隔室#5降低大约40°F至50°F。在某些实施方式中,冷流股153、123和163的温度通过隔室#5升高大约60°F至70°F。P11、P12、P13和P14的热负荷可以分别是大约3-5MMBtu/h(例如,大约4MMBtu/h)、大约8-10MMBtu/h(例如,大约9MMBtu/h)、大约1-3MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)和大约34-44MMBtu/h(例如,大约39MMBtu/h)。

[0132] 隔室#6的热负荷可以是大约25-35MMBtu/h(例如,大约31MMBtu/h)。隔室#6可以具有八次可能的传递;然而,在一些实施方式中,隔室#6具有将热量从一次制冷剂161(热)和脱水的第一骤冷蒸气115(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)、和一次

制冷剂液体163(冷)和脱甲烷塔再沸器进料155(冷)的五次传递(如P15、P16、P17、P18和P19)。在某些实施方式中,热流股161和115的温度通过隔室#6降低大约20°F至30°F。在某些实施方式中,冷流股153、123、163和155的温度通过隔室#6升高大约10°F至20°F。P15、P16、P17、P18和P19的热负荷可以分别是大约0.8-1.2MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)、大约1-3MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)、大约3-5MMBtu/h(例如,大约4MMBtu/h)、大约4-6MMBtu/h(例如,大约5MMBtu/h)和大约15-25MMBtu/h(例如,大约19MMBtu/h)。

[0133] 隔室#7的热负荷可以是大约10-20MMBtu/h(例如,大约14MMBtu/h)。隔室#7可以具有将热量从脱水的第一骤冷蒸气115(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)、一次制冷剂液体163(冷)和脱甲烷塔再沸器进料155的四次传递(如P20、P21、P22和P23)。在某些实施方式中,热流股115的温度通过隔室#7降低大约10°F至20°F。在某些实施方式中,冷流股153、123、163和155的温度通过隔室#7升高大约0.1°F至10°F。P20、P21、P22和P23的热负荷可以分别是大约0.3-0.5MMBtu/h(例如,大约0.4MMBtu/h)、大约0.8-1.2MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)、大约3-5MMBtu/h(例如,大约4MMBtu/h)和大约5-15MMBtu/h(例如,大约9MMBtu/h)。

[0134] 隔室#8的热负荷可以是大约0.1-10MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)。隔室#8可以具有将热量从脱水的第一骤冷蒸气115(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的三次传递(如P24、P25和P26)。在某些实施方式中,热流股115的温度通过隔室#8降低大约0.1°F至10°F。在某些实施方式中,冷流股153、123和163的温度通过隔室#8升高大约0.1°F至10°F。P24、P25和P26的热负荷可以分别是大约0.1-0.2MMBtu/h(例如,大约0.1MMBtu/h)、大约0.3-0.5MMBtu/h(例如,大约0.4MMBtu/h)和大约0.8-1.2MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)。

[0135] 隔室#9的热负荷可以是大约17-27MMBtu/h(例如,大约22MMBtu/h)。隔室#9可以具有将热量从脱水的第一骤冷蒸气115(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)、脱甲烷塔塔底产物151(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的四次传递(如P27、P28、P29和P30)。在某些实施方式中,热流股115的温度通过隔室#9降低大约20°F至30°F。在某些实施方式中,冷流股153、123、151和163的温度通过隔室#9升高大约15°F至25°F。P27、P28、P29和P30的热负荷可以分别是大约0.8-1.2MMBtu/h(例如,大约1MMBtu/h)、大约2-4MMBtu/h(例如,大约3MMBtu/h)、大约5-7MMBtu/h(例如,大约6MMBtu/h)和大约6-16MMBtu/h(例如,大约11MMBtu/h)。

[0136] 隔室#10的热负荷可以是大约25-35MMBtu/h(例如,大约31MMBtu/h)。隔室#10可以具有将热量从原料气101(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)、脱甲烷塔塔底产物151(冷)和一次制冷剂液体163(冷)的四次传递(如P31、P32、P33和P34)。在某些实施方式中,热流股101的温度通过隔室#10降低大约35°F至45°F。在某些实施方式中,冷流股153、123、151和163的温度通过隔室#10升高大约20°F至30°F。P31、P32、P33和P34的热负荷可以分别是大约1-3MMBtu/h(例如,大约2MMBtu/h)、大约4-6MMBtu/h(例如,大约5MMBtu/h)、大约8-10MMBtu/h(例如,大约9MMBtu/h)和大约10-20MMBtu/h(例如,大约16MMBtu/h)。

[0137] 隔室#11的热负荷可以是大约5-15MMBtu/h(例如,大约9MMBtu/h)。隔室#11可以具有将热量从原料气101(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)、HP残余气体123(冷)和脱甲烷塔塔底产物151(冷)的三次传递(如P35、P36和P37)。在某些实施方式中,热流股101的温度

通过隔室#11降低大约5°F至15°F。在某些实施方式中，冷流股153、123和151的温度通过隔室#11升高大约10°F至20°F。P35、P36和P37的热负荷可以分别是大约0.8-1.2MMBtu/h(例如，大约1MMBtu/h)、大约2-4MMBtu/h(例如，大约3MMBtu/h)和大约4-6MMBtu/h(例如，大约5MMBtu/h)。

[0138] 隔室#12的热负荷可以是大约3-13MMBtu/h(例如，大约8MMBtu/h)。隔室#12可以具有将热量从原料气101(热)转移至塔顶LP残余气体153(冷)和HP残余气体123(冷)的两次传递(如P38和P39)。在某些实施方式中，热流股101的温度通过隔室#12降低大约5°F至15°F。在某些实施方式中，冷流股153和123的温度通过隔室#12升高大约30°F至40°F。P38和P39的热负荷可以分别是大约1-3MMBtu/h(例如，大约2MMBtu/h)和大约5-7MMBtu/h(例如，大约6MMBtu/h)。

[0139] 在一些实例中，本公开内容中描述的系统可以作为改造或在丙烷或乙烷制冷系统的逐步淘汰或扩展时集成到现有气体加工装置中。对现有气体加工装置的改造使得能够以较少量的资金投入降低液体回收系统的功耗。通过改造或扩展，可以使液体回收系统更紧凑。在一些实例中，本公开内容中描述的系统可以是新建造的气体加工装置的一部分。

[0140] 尽管本说明书含有多种具体的实施方式细节，但是这些不应被解释为对主题的范围或对可以要求保护的范围的限制，而应解释为可以特定于具体实施方式的特征的描述。在本说明中描述的在不同实施方式情况下的某些特征也可以组合地在单个实施方式中实施。相反地，在单个实施方式情况下描述的多个特征也可以在多个实施方式中单独地实施，或以任何合适的子组合实施。此外，尽管前述特征可以描述为以特定组合起作用并且甚至最初这样要求，但是，在一些情况下，来自所要求的组合的一个或多个特征可以从组合中省去，并且所要求的组合可以涉及子组合或子组合的变化方案。

[0141] 已经描述本主题的具体实施方式。对本领域技术人员来说明显的，所述实施方式的其他实施方式、变化方案和置换方案在所附权利要求的范围内。尽管操作以特定顺序在附图中进行描绘或者要求，但是这不应被理解为要求这类操作以所示的特定顺序或以先后顺序进行，或者进行所有示出的操作(一些操作可以认为是任选的)以实现期望的结果。

[0142] 因此，前述示例性实施方式不限定或约束本公开内容。在不脱离本公开内容的精神和范围的情况下，其他改变、替换和变化也是可能的。

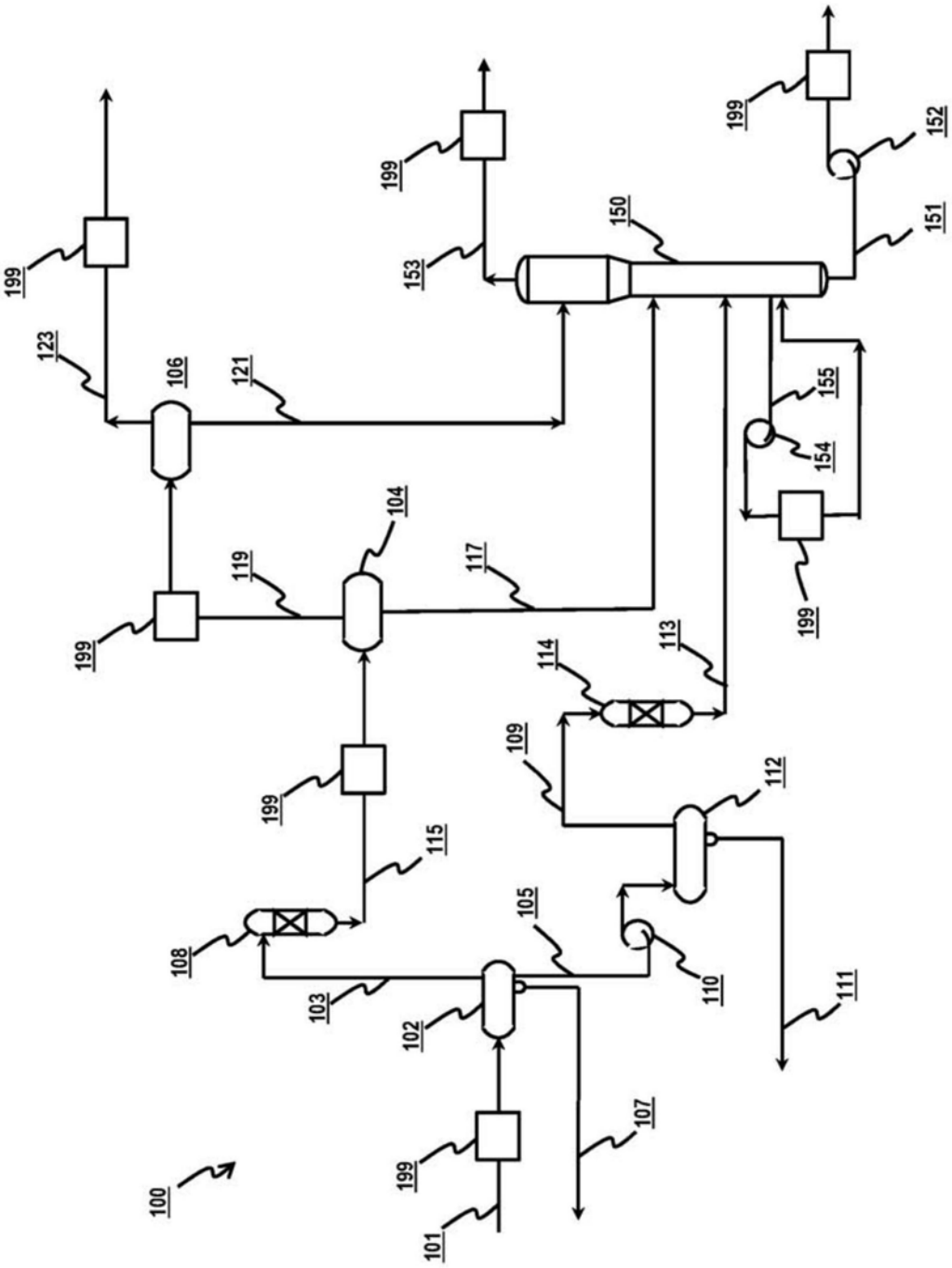

199
199
199
152
150
151
153
123
106
121
155
154
104
119
117
199
199
114
113
109
112
199
115
105
108
110
111
103
102
107
199
100
101

图1A

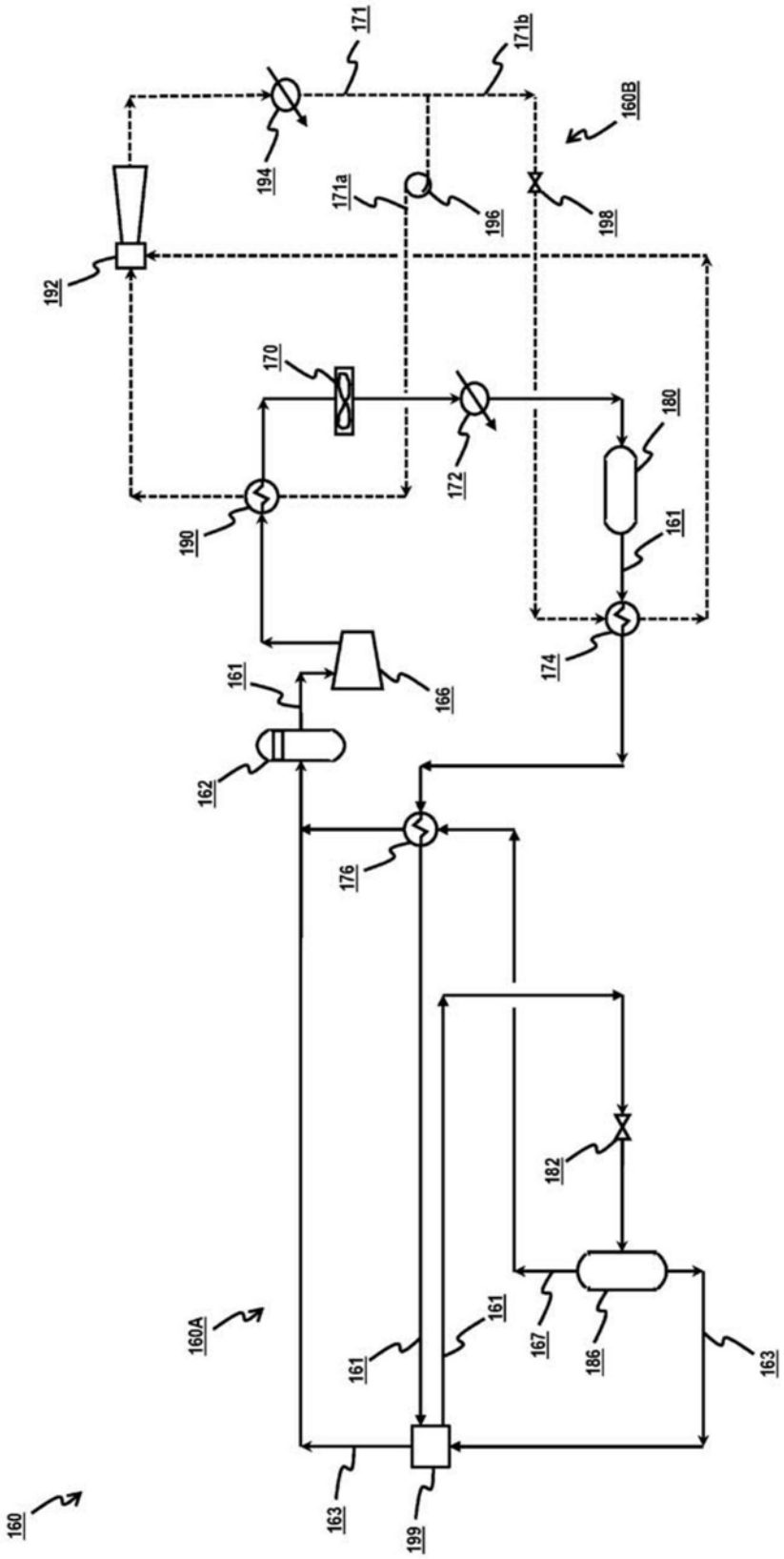

171
171b
160B
194
171a
196
198
192
170
172
180
190
161
174
161
166
162
176
182
160A
161
161
167
186
163
163
160
199

图1B

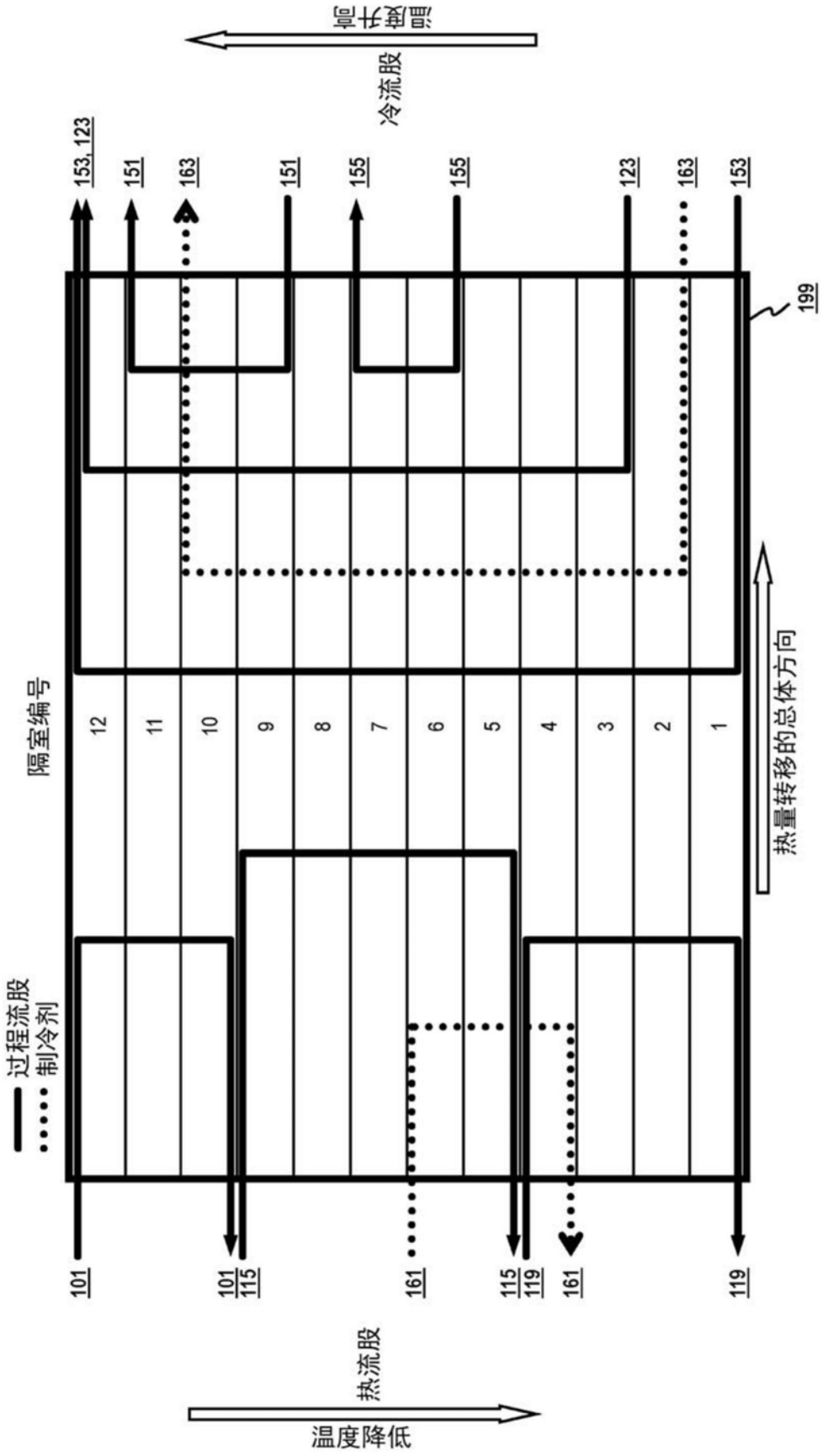

温度升高
冷流股
153,123
151
163
151
155
155
123
163
153
199
热量转移的总体方向
隔室编号
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
过程流股
制冷剂
101
101
115
161
115
119
161
119
热流股
温度降低

图1C