



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108027199 A

(43)申请公布日 2018.05.11

(21)申请号 201680054318.5

(72)发明人 迈克尔·A·特尼

(22)申请日 2016.08.05

欧里安·法尔吉斯 阿兰·吉亚尔

(30)优先权数据

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

62/201,947 2015.08.06 US

62/305,381 2016.03.08 US

62/370,953 2016.08.04 US

代理人 杨贝贝 臧建明

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2018.03.19

F25J 1/02(2006.01)

F25J 1/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/045811 2016.08.05

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/024235 EN 2017.02.09

(71)申请人 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

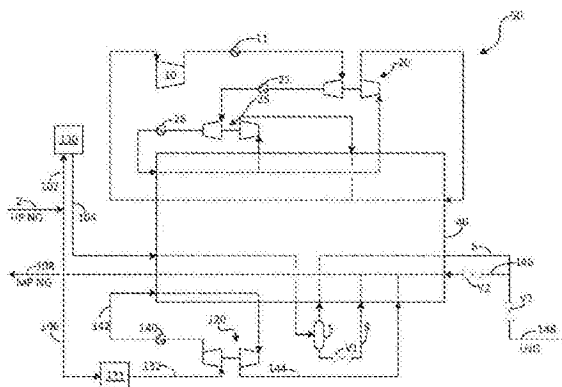
权利要求书7页 说明书16页 附图5页

(54)发明名称

用于生产液化天然气的方法

(57)摘要

提供了一种用于生产液化天然气的方法。该方法可包括提供高压天然气流(2),将该高压天然气流分成第一部分(102)和第二部分(106),并将该高压天然气流的该第一部分液化以产生LNG流(6)。冷却和液化天然气所需的制冷可以通过氮制冷循环(6)并且使该高压天然气流的该第二部分减压来提供。



1. 一种用于生产液化天然气(“LNG”)的方法,该方法包括以下步骤:
 - a) 提供氮制冷循环(50),其中该氮制冷循环被配置成在热交换器(40)内提供制冷;
 - b) 在第一纯化单元(130)中纯化第一天然气流(102)以除去第一组杂质,从而产生纯化的第一天然气流(104);
 - c) 在该热交换器中使用来自该氮制冷循环的制冷来冷却和液化该第一天然气流(104)以产生LNG流(6),其中该第一天然气流具有LNG制冷需求,其中该LNG流在第一压力 P_H 下液化;
 - d) 在第二纯化单元(131)中纯化第二天然气流(106)以除去第二组杂质,从而产生纯化的第二天然气流(132);
 - e) 在该热交换器中部分地冷却该第二天然气流(142);
 - f) 从该热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的第二天然气流;
 - g) 在天然气膨胀涡轮(120)中使该部分冷却的第二天然气流膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流(144),其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且
 - h) 在该热交换器中通过与该第一天然气流进行热交换加热该冷天然气流以在该热交换器的热端产生加热的天然气流(108),
其中该天然气膨胀涡轮驱动第一增压器,
其中该LNG制冷需求由来自该氮制冷循环(50)和步骤h)的制冷的组合提供。
2. 如权利要求1所述的方法,其中该第一增压器被配置成压缩该第二天然气流(106)或者来源于该第二天然气流的流。
3. 如权利要求1所述的方法,其中该第一增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该第一天然气流、该第一纯化的天然气流、该第二天然气流、该纯化的第二天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体。
4. 如权利要求1所述的方法,其中该第一组杂质在该第一压力 P_H 下具有处于或高于甲烷的液化温度的凝固点。
5. 如权利要求1所述的方法,其中该第二组杂质包含水。
6. 如权利要求1所述的方法,其中该氮制冷循环包括循环压缩机(10)、涡轮(20,25)、增压器(20,25)和多个冷却器(11,21,26),其中该涡轮机和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力。
7. 如权利要求1所述的方法,其中该第一天然气流和该第二天然气流来自同一个天然气源(2)。
8. 如权利要求7所述的方法,其中该天然气源是具有在15与100绝压之间的压力的天然气管道。
9. 如权利要求1所述的方法,其中该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源。
10. 如权利要求9所述的方法,其中该第一天然气源包括天然气管道。
11. 如权利要求10所述的方法,其中该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力。
12. 如权利要求1所述的方法,其中该第一纯化单元和该第二纯化单元是同一个单元。
13. 如权利要求1所述的方法,其中该第一纯化单元和该第二纯化单元是分开的单元,其中该第一纯化单元被配置成至少除去水和二氧化碳,并且其中该第二纯化单元被配置成

至少除去水。

14. 一种用于生产液化天然气(“LNG”)的方法,该方法包括以下步骤:

- a) 提供氮制冷循环(50);
- b) 在热交换器中通过与来自该氮制冷循环(50)的氮气进行热交换来冷却和液化第一天然气流(104)以产生LNG流(6),其中该LNG流在第一压力下液化;
- c) 使第二天然气流(132)膨胀到第二压力以产生膨胀的天然气流;并且
- d) 在该热交换器中加热该膨胀的天然气流(144)以产生加热的天然气流(108),其中步骤d)提供用于冷却和液化该第一天然气流的制冷的一部分。

15. 如权利要求14所述的方法,其中该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源。

16. 如权利要求14所述的方法,其中在步骤b)中液化的该第一天然气来源于该膨胀的天然气流,其中该第一压力和该第二压力大致相同。

17. 一种用于生产液化天然气(“LNG”)的方法,该方法包括以下步骤:

- a) 提供高压天然气流;
- b) 将该高压天然气流分成第一部分和第二部分;
- c) 冷却和液化该高压天然气流的该第一部分以产生LNG流;
- d) 经由氮制冷循环提供第一制冷部分,其中该氮制冷循环包括循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮机和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力;
- e) 通过使该高压天然气的该第二部分膨胀来提供第二制冷部分;并且
- f) 使用该第一制冷部分和该第二制冷部分来实现步骤c)中的该高压天然气流的该第一部分的冷却和液化。

18. 一种用于生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法,该方法包括以下步骤:

- a) 提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环被配置成在热交换器内提供制冷,其中该氮制冷循环内的氮气的一部分被抽取出并液化产生液氮产物,其中将至少相等部分的气态氮照抽取出原样引入到该氮制冷循环中;
- b) 在第一纯化单元中纯化第一天然气流以除去第一组杂质,从而产生纯化的第一天然气流;
- c) 在该热交换器中使用来自该氮制冷循环的制冷来冷却和液化该第一天然气流以产生LNG流,其中该第一天然气流具有LNG制冷需求,其中该LNG流在第一压力 P_H 下液化;
- d) 在第二纯化单元中纯化第二天然气流以除去第二组杂质,从而产生纯化的第二天然气流;
- e) 在该热交换器中部分地冷却该第二天然气流;
- f) 从该热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的第二天然气流;
- g) 在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的第二天然气流膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且
- h) 在该热交换器中通过与该第一天然气流进行热交换加热该冷天然气流以在该热交换器的热端产生加热的天然气流,其中该天然气膨胀涡轮驱动第一增压器,

其中该LNG制冷需求由来自该氮制冷循环和步骤h)的制冷的组合提供。

19. 如权利要求18所述的方法,其中该第一增压器被配置成压缩该第二天然气流或者来源于该第二天然气流的流。

20. 如权利要求18所述的方法,其中该第一增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该第一天然气流、该纯化的第一天然气流、该第二天然气流、该纯化的第二天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体。

21. 如权利要求18所述的方法,其中该液氮产物具有LIN制冷需求,其中该LIN制冷需求由来自该氮制冷循环和步骤h)的制冷的组合提供。

22. 如权利要求18所述的方法,其中该第一组杂质在该第一压力 P_H 下具有处于或高于甲烷的液化温度的凝固点。

23. 如权利要求18所述的方法,其中该第二组杂质包含水。

24. 如权利要求18所述的方法,其中该氮制冷循环包括循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮机和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力。

25. 如权利要求24所述的方法,其中该氮制冷循环还包括氮气进料压缩机。

26. 如权利要求18所述的方法,其中该第一天然气流和该第二天然气流来自同一个天然气源。

27. 如权利要求26所述的方法,其中该天然气源是具有在15与100绝压之间的压力的天然气管道。

28. 如权利要求18所述的方法,其中该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源。

29. 如权利要求28所述的方法,其中该第一天然气源包括天然气管道。

30. 如权利要求29所述的方法,其中该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力。

31. 如权利要求18所述的方法,其中该第一纯化单元和该第二纯化单元是同一个单元。

32. 如权利要求18所述的方法,其中该第一纯化单元和该第二纯化单元是分开的单元,其中该第一纯化单元被配置成至少除去水和二氧化碳,并且其中该第二纯化单元被配置成至少除去水。

33. 如权利要求18所述的方法,其中该氮气液化器还包括过冷器。

34. 一种用于生产液化天然气("LNG")和液氮("LIN")的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环被配置成在热交换器内提供制冷,其中该氮制冷循环内的氮气的一部分被抽取出并液化产生液氮产物,其中将至少相等部分的气态氮照抽取出原样引入到该氮制冷循环中;

b) 在热交换器中通过与来自该氮制冷循环的氮气进行热交换来冷却和液化第一天然气流以产生LNG流,其中该LNG流在第一压力下液化;

c) 使第二天然气流膨胀到第二压力以产生膨胀的天然气流;并且

d) 在该热交换器中加热该膨胀的天然气流以产生加热的天然气流,其中步骤d) 提供用于冷却和液化该第一天然气流的制冷的一部分。

35. 如权利要求34所述的方法,其中该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源。

36. 如权利要求34所述的方法,其中该液氮产物具有LIN制冷需求,其中该LIN制冷需求

由来自该氮制冷循环和步骤d)的制冷的组合提供。

37. 如权利要求34所述的方法,其中在步骤b)中液化的该第一天然气来源于该膨胀的天然气流,其中该第一压力和该第二压力大致相同。

38. 一种用于生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环包括再循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力,其中该氮制冷循环内的氮气的一部分被抽取出并液化产生液氮产物,其中将至少相等部分的气态氮照抽取出原样引入到该氮制冷循环中;

b) 提供高压天然气流;

c) 将该高压天然气流分成第一部分和第二部分;

d) 冷却和液化该高压天然气流的该第一部分以产生LNG流;

e) 经由该氮制冷循环提供第一制冷部分;

f) 通过使该高压天然气的该第二部分膨胀来提供第二制冷部分;并且

g) 使用该第一制冷部分和该第二制冷部分来实现步骤d)中的该高压天然气流的该第一部分的冷却和液化。

39. 一种用于氮气液化器和天然气液化器一体化以生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供具有第一氮制冷循环的氮气液化器,其中该氮气液化器包括涡轮、增压器和多个冷却器,其中该第一氮制冷循环被配置成在第一热交换器内提供制冷;

b) 提供第二氮制冷循环,其中该第二氮制冷循环包括第二涡轮、第二增压器和多个第二冷却器,其中该第二氮制冷循环被配置成在第二热交换器内提供制冷;

c) 在第一纯化单元中纯化第一天然气流以除去第一组杂质,从而产生纯化的第一天然气流;

d) 在该第二热交换器中使用来自该氮制冷循环的制冷来冷却和液化该第一天然气流以产生LNG流,其中该第一天然气流具有LNG制冷需求,其中该LNG流在第一压力 P_H 下液化;

e) 在第二纯化单元中纯化第二天然气流以除去第二组杂质,从而产生纯化的第二天然气流;

f) 在该第二热交换器中部分地冷却该第二天然气流;

g) 从该第二热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的天然气流;

h) 在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的天然气流膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且

i) 在该第二热交换器中通过与该第一天然气流进行热交换加热该冷天然气流以在该第二热交换器的热端产生加热的天然气流,

其中该天然气膨胀涡轮驱动第一增压器,

其中该LNG制冷需求由来自该第二氮制冷循环和步骤i)的制冷的组合提供,

其中抽取出在该第一氮制冷循环内的液氮的一部分作为产物液氮,其中将至少相等部分的气态氮照作为产物液氮抽取出原样引入到该第一氮制冷循环中,并且

其中该第一氮制冷循环和该第二氮制冷循环共用一个共同的氮气再循环压缩机。

40. 如权利要求39所述的方法,其中该第一增压器被配置成压缩该第二天然气流或者

来源于该第二天然气流的流。

41. 如权利要求39所述的方法,其中该第一增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该第一天然气流、该纯化的第一天然气流、该第二天然气流、该纯化的第二天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体。

42. 如权利要求39所述的方法,其中该第一组杂质在该第一压力 P_H 下具有处于或高于甲烷的液化温度的凝固点。

43. 如权利要求39所述的方法,其中该第二组杂质包含水。

44. 如权利要求39所述的方法,其中该第一氮制冷循环还包括氮气进料压缩机。

45. 如权利要求39所述的方法,其中该第一氮制冷循环是封闭的制冷循环。

46. 如权利要求39所述的方法,其中该第一天然气流和该第二天然气流来自同一个天然气源。

47. 如权利要求46所述的方法,其中该天然气源是具有在15与100绝压之间的压力的天然气管道。

48. 如权利要求39所述的方法,其中该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源。

49. 如权利要求48所述的方法,其中该第一天然气源包括天然气管道。

50. 如权利要求49所述的方法,其中该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力。

51. 如权利要求39所述的方法,其中该第一纯化单元和该第二纯化单元是同一个单元。

52. 如权利要求39所述的方法,其中该第一纯化单元和该第二纯化单元是分开的单元,其中该第一纯化单元被配置成至少除去水和二氧化碳,并且其中该第二纯化单元被配置成至少除去水。

53. 如权利要求39所述的方法,其中该氮气液化器还包括过冷器。

54. 一种用于第一液化器和第二液化器一体化以生产第一液化气和第二液化气的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供具有第一制冷循环的第一液化器,其中该第一液化器包括再循环压缩机、第一热交换器和涡轮增压器;

b) 提供第二制冷循环,其中该第二制冷循环被配置成在第二热交换器内提供制冷,

c) 在该第二热交换器中通过与该第二制冷循环进行热交换来冷却和液化第一气流以产生液化的第一气流,其中该液化的第一气流处于第一压力;

d) 使第二气流膨胀到第二压力以产生膨胀的第二气流;并且

e) 在该第二热交换器中加热该膨胀的第二气流以产生加热的气流,

其中将该第一制冷循环内的第一制冷气体的一部分抽取出并液化产生第一制冷气体的液体产物,其中将至少相等部分的气态第一制冷气体照作为第一制冷气体的液体产物抽取出原样引入到该第一制冷循环中,

其中除了由该第二制冷循环提供的制冷之外,步骤e) 提供了用于冷却和液化该第一气流的制冷,并且

其中该第一制冷循环和该第二制冷循环共用一个共同的再循环压缩机。

55. 如权利要求54所述的方法,其中该第一制冷循环选自由氮制冷循环和氢制冷循环组成的组。

56. 如权利要求54所述的方法,其中在步骤c)中液化的该第一气流来源于该膨胀的第二气流,其中该第一压力和该第二压力大致相同。

57. 如权利要求54所述的方法,其中该第二制冷循环选自由氮制冷循环和氢制冷循环组成的组。

58. 如权利要求54所述的方法,其中在步骤c)中冷却和液化的该第一气流包含天然气。

59. 如权利要求54所述的方法,其中在步骤d)中膨胀的该第二气流包含天然气。

60. 如权利要求54所述的方法,其中该第一制冷气体的液体产物是液氮。

61. 一种用于第一液化器和第二液化器一体化以生产第一液化气和第二液化气的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供具有使用第一制冷剂的第一制冷循环的第一液化器,其中该第一制冷循环被配置成在第一热交换器内提供制冷;

b) 提供具有使用第二制冷剂的第二制冷循环的第二液化器,其中该第二制冷循环被配置成在第二热交换器内提供制冷;

c) 在该第一热交换器中通过与该第一制冷循环进行热交换冷却第一气流以产生冷却的第一气流;

d) 在该第二热交换器中通过与该第二制冷循环进行热交换冷却第二气流以产生冷却的第二气流;

e) 使第三气流膨胀以产生膨胀的第三气流;并且

f) 在选自由该第一热交换器、该第二热交换器及其组合组成的组中的热交换器中加热该膨胀的第三气流以产生加热的气流,

其中除了由该第二制冷循环提供的制冷之外,步骤f)提供了用于冷却该第二气流的制冷,

其中除了由该第一制冷循环提供的制冷之外,步骤f)提供了用于冷却该第一气流的制冷,并且

其中该第一制冷循环和该第二制冷循环共用一个共同的再循环压缩机。

62. 如权利要求61所述的方法,其中该第一和第二制冷循环是氮制冷循环。

63. 如权利要求61所述的方法,其中该第一制冷剂 and 该第二制冷剂具有相同的组成。

64. 如权利要求61所述的方法,其中该第一气流选自下组,该组由以下各项组成:天然气、乙烷、乙烯、乙炔、其他C₃-C₆烷烃、烯烃和炔烃以及氮气,并且其中该第一气流在冷却步骤c)期间液化。

65. 如权利要求61所述的方法,其中该第一气流选自由氢气和氦气组成的组,其中该第一气流在冷却步骤c)期间不液化。

66. 如权利要求61所述的方法,其中在步骤e)中膨胀的该第三气流包含天然气。

67. 如权利要求61所述的方法,其中将该第一制冷循环内的该第一制冷剂的一部分抽取出并液化产生液体第一制冷剂产物,其中将至少相等部分的气态第一制冷剂照作为液体第一制冷剂抽取出原样引入到该第一制冷循环中。

68. 如权利要求61所述的方法,其中将该第二制冷循环内的该第二制冷剂的一部分抽取出并液化产生液体第二制冷剂,其中将至少相等部分的该第二制冷剂照作为液体第二制冷剂抽取出原样引入到该第二制冷循环中。

69. 一种用于氮气液化器和天然气减压一体化以生产液氮(“LIN”)的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供具有氮制冷循环的氮气液化器,其中该氮气液化器包括氮气再循环压缩机、热交换器和第一涡轮增压器;

b) 在对于液化氮气有效的条件下将氮气流引入该氮气液化器中以产生液氮产物;

c) 从在第一压力 P_H 下操作的源抽取出天然气流;

d) 在纯化单元中纯化该天然气流以产生纯化的天然气;

e) 在该热交换器中部分地冷却该纯化的天然气;

f) 从该热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的天然气;

g) 在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的天然气膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且

h) 在该热交换器中通过与来自该氮制冷循环的氮气进行热交换加热该冷天然气流以从该热交换器的热端产生加热的天然气流,

其中步骤h) 向该氮气液化器提供附加的制冷,使得与不具有步骤c) -i) 的方法相比,可以产生附加的液氮,

其中该天然气膨胀涡轮驱动第一气体增压器。

70. 如权利要求69所述的方法,其中该第一气体增压器被配置成压缩该天然气流或者来源于其的流。

71. 如权利要求69所述的方法,其中该第一气体增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该天然气流、该纯化的天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体。

72. 如权利要求69所述的方法,其中该纯化单元被配置成从该天然气流中至少除去水。

73. 如权利要求69所述的方法,其中该氮制冷循环还包括氮气进料压缩机。

74. 如权利要求69所述的方法,其中该氮气液化器还包括过冷器。

75. 如权利要求69所述的方法,其中该天然气源包括天然气管道。

76. 如权利要求75所述的方法,其中该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力。

77. 一种用于氮气液化器和天然气减压一体化以生产液氮(“LIN”)的方法,该方法包括以下步骤:

a) 提供具有氮制冷循环的氮气液化器,其中该氮气液化器包括氮气再循环压缩机、热交换器和至少一个涡轮增压器;

b) 在对于液化氮气有效的条件下将氮气流引入该氮气液化器中以产生液氮产物;

c) 从高压源回收天然气流,其中该天然气流处于第一压力;

d) 使该天然气流膨胀到第二压力以产生膨胀的天然气流,其中该第二压力是低于该第一压力的压力;并且

e) 在该热交换器中加热该膨胀的天然气流以产生加热的天然气流,

其中步骤e) 向该氮气液化器提供附加的制冷,使得与不具有步骤d) 至e) 的方法相比,可以产生附加的液氮。

用于生产液化天然气的方法

相关申请

[0001] 本申请要求于2015年8月6日提交的美国临时申请序列号62/201,947、于2016年3月8日提交的美国临时专利申请号62/305,381和于2016年8月4日提交的美国临时申请序列号62/370,953的优先权,将这些临时申请全部通过引用以其全文结合在此。

技术领域

[0002] 本发明总体上涉及一种用于有效生产液化天然气(LNG)的方法。

背景技术

[0003] 许多地点利用高压(传输)网络和较低压力(分配)网络以贯穿局部地区供应天然气。传输网络典型地充当经济地将天然气长距离输送到一般地区的高速公路,而分配网络充当将天然气输送到局部地区内的个人用户的公路。这些网络的压力因地点而变化,但典型值是针对传输在30-80绝压之间并且对于分配在3-20绝压之间。一些应用(例如,热电联产,锅炉等)具有高流量的天然气和其他公用事业如氮气,其进行减压以在相对恒定的流量、压力和温度条件下供至消费者或低压网络。这种压力下降能量经常没有被利用。

[0004] 传统上,天然气被压缩并在高压下沿管道向下运送以将天然气输送到市场。使用高压以减少天然气的体积流量,由此减小管道直径(资本支出)和/或与压力损失相关的压缩能量(运营支出)。管道运营商也利用高压作为缓冲来适应瞬态需求。当天然气已到达其使用点时,天然气的压力在一个或多个控制阀中减小到其供消耗的最终压力。来自天然气压力降低的可用能量在控制阀中被浪费,由天然气流通过这些装置的流动引起的任何冷却效应(也称为焦耳-汤姆森效应)也一样。由于下游气体的较冷条件,此类系统经常需要加热器和凝水系统。

[0005] 过去,通过利用使天然气膨胀的能量和制冷效应的设施利用这种废能。一种这样的设施是由Airco工业气体公司的低温设备部门(Airco Industrial Gases' Cryoplants Division)在二十世纪七十年代初在宾夕法尼亚州雷丁市为UGI公司设计和建造的。它使用天然气减压站(“减压站”)来制造液化天然气(“LNG”)或液氮(“LIN”)。在高压下从运输管道进入工厂的大部分天然气被冷却并送到膨胀涡轮,在该膨胀涡轮中产生能量和制冷。随后用制冷将其余的流冷却,并将一部分液化。然后将液化的部分传送到储罐作为LNG产物。将未液化的天然气加热、收集并送到在比高压总管更低的压力下的低压总管。

[0006] 美国专利号6,196,021描述了一种使用天然气膨胀来提供制冷以液化天然气流的系统,该天然气流然后通过与氮气流进行热交换而被汽化以冷却氮气流。这种制冷补充了由氮气压力下降和氮气循环提供的制冷以提供液氮。类似地,美国专利号6,131,407描述了一种系统,该系统产生有待直接送到空气分离单元(“ASU”)的LIN以辅助ASU的制冷。美国专利申请公开号2014/0352353描述了与美国专利号6,131,407披露的系统类似的系统,但是补充说,所产生的LIN可以被送到罐而不是被用于液体辅助ASU。在这些系统的每一个中,LNG被再汽化以提供氮气冷却。然而,不希望的是液化并且然后再汽化天然气,因为这是热

效率低的。美国专利号6,694,774描述了一种系统,该系统使用天然气减压来提供制冷以产生液化天然气流,其中制冷通过闭环混合制冷剂循环来补充。

[0007] 图1提供了典型的小型LNG方案的工艺流程图,该方案利用在闭环中包括氮气压缩机10,冷却器11、21、26以及第一和第二涡轮增压器20、25的氮气循环50。为了在此讨论的目的,涡轮增压器是涡轮和增压器的组合,其中增压器至少部分地由涡轮提供动力,该涡轮典型地经由共同的轴实现。对天然气2首先在纯化单元30中纯化在液化期间损坏设备或冻结的组分。然后将纯化的天然气4在热交换器40中冷却,在该热交换器中使用由氮制冷循环50提供的制冷将其冷凝成LNG 6。典型地,通过吸附、蒸馏或气液分离器在交换器40的中间位置之前或从该中间位置开始从天然气中除去重烃(戊烷和更重烃),以防止这些组分在交换器40中冻结。在图1的实例中,将天然气4从热交换器40的中间区段抽取出,以便使用气液分离器5除去重烃8。在图1所示的典型装置中,生产342mtd的LNG所需的功率为约7155kW,这意味着这种装置的比功率为约502kWh/mt。

[0008] 因此,将有利的是提供以更有效的方式运行从而产生较低成本的LNG的方法和设备。

发明内容

[0009] 本发明针对满足这些需求中的至少一个的方法和设备。在某些实施例中,本发明可以提供一种用于生产LNG的较低成本、更有效且更灵活的方法。例如,在某些实施例中,本发明还可以包括液氮(“LIN”)的共同生产。在附加的实施例中,本发明可以包括基于功率成本、产物需求和/或供应水平来改变LIN和LNG中的任一者或两者的生产率。

[0001] 因为与高压气体相关的减少的体积流量的较低运输成本,氮气是通过高压管道输送的。典型地,此类管道在30到50绝压的范围内运行。使用来自管道的氮气的用户通常不需要在这些压力下的氮气。例如,氮气典型地在3至8绝压的范围内的压力下用作惰性效用流体。因此,在这些地点,潜在的制冷能力被浪费。此外,还存在以下情况,其中向管道供料的氮气的生产者不能以100%的设备设计容量运行,并且因此,大型氮气压缩机要么不运行,要么不在最佳容量下运行。例如,如果对氮气的的需求低于最初的预期,则会发生这种情况。出现这种情况的另一个原因是因为氮气产生设备被定尺寸为满足在峰值运行情况、环境条件、催化剂寿命等下的峰值用户需求。因此,当其他系统不能适应增加的负载时,氮气产生设备可被设计为在许多运行情况期间未充分利用。

[0010] 在本发明的某些实施例中,通过使用天然气减压和氮气或富含氮气的气体减压的制冷能力,一种方法能够以至少减少的能量输入提供LNG和/或LIN生产。富含氮气的实例是具有少于12%O₂(例如,由于具有甲烷的混合物的燃烧极限)的贫合成空气流。在实施例中,减压过程发生在靠近现有设施的地点或发生天然气和氮气二者的减压以满足设施需求的地点,使得与没有利用气流(例如,氮气流、富含氮气的气体流或天然气或在生产场地的其他高压气流)的减压的情况相比,LNG和/或LIN能够以减少的运行成本和/或资本成本生产。

[0011] 在一个实施例中,本发明可以包括一种用于生产液化天然气(“LNG”)的方法。在一个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环被配置为在热交换器内提供制冷;b)在第一纯化单元中纯化第一天然气流以除去第一组杂质,从而产生纯化的第一天然气流;c)在该热交换器中使用来自该氮制冷循环的制冷来冷却和液化该

第一天然气流以产生LNG流,其中该第一天然气流具有LNG制冷需求,其中该LNG流在第一压力 P_H 下液化;d)在第二纯化单元中纯化第二天然气流以除去第二组杂质,从而产生纯化的第二天然气流;e)在该热交换器中部分地冷却该第二天然气流;f)从该热交换器的中间区段抽取该部分冷却的第二天然气流;g)在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的第二天然气流膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且h)在该热交换器中通过与该第一天然气流进行热交换加热该冷天然气流以在该热交换器的热端产生加热的天然气流,其中该天然气膨胀涡轮驱动第一增压器,其中该LNG制冷需求由来自该氮制冷循环和步骤h)的制冷的组合提供。

[0012] 在用于生产LNG的方法的任选实施例中:

- 该第一增压器被配置成压缩该第二天然气流或者来源于该第二天然气流的流。
- 该第一增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该第一天然气流、该第一纯化的天然气流、该第二天然气流、该纯化的第二天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体;
- 该第一组杂质在该第一压力 P_H 下具有处于或高于甲烷的液化温度的凝固点;
- 该第二组杂质包含水;
- 该氮制冷循环包括循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮机和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力;
- 该第一天然气流和该第二天然气流来自同一个天然气源;
- 该天然气源是具有在15与100绝压之间的压力的天然气管道;
- 该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源;
- 该第一天然气源包括天然气管道;
- 该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力;
- 该第一纯化单元和该第二纯化单元是同一个单元;和/或
- 该第一纯化单元和该第二纯化单元是分开的单元,其中该第一纯化单元被配置成至少除去水和二氧化碳,并且其中该第二纯化单元被配置成至少除去水。

[0013] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于生产液化天然气(“LNG”)的方法。在这个实施例中,该方法包括以下步骤:a)提供氮制冷循环;b)在热交换器中通过与来自该氮制冷循环的氮气进行热交换来冷却和液化第一天然气流以产生LNG流,其中该LNG流在第一压力下液化;c)使第二天然气流膨胀到第二压力以产生膨胀的天然气流;并且d)在该热交换器中加热该膨胀的天然气流以产生加热的天然气流,其中步骤d)提供用于冷却和液化该第一天然气流的制冷的一部分。

[0014] 在用于生产LNG的方法的任选实施例中:

- 该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源;和/或
- 在步骤b)中液化的该第一天然气来源于该膨胀的天然气流,其中该第一压力和该第二压力大致相同。

[0015] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于生产液化天然气(“LNG”)的方法。在这个实施例中,该方法包括以下步骤:a)提供高压天然气流;b)将该高压天然气流分成第一部分

和第二部分;c)冷却和液化该高压天然气流的该第一部分以产生LNG流;d)经由氮制冷循环提供第一制冷部分,其中该氮制冷循环包括循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮机和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力;e)通过使该高压天然气的该第二部分膨胀来提供第二制冷部分;并且f)使用该第一制冷部分和该第二制冷部分来实现步骤c)中的该高压天然气流的该第一部分的冷却和液化。

[0016] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环被配置成在热交换器内提供制冷,其中该氮制冷循环内的氮气的一部分被抽取出并液化产生液氮产物,其中将至少相等部分的气态氮照抽取出原样引入到该氮制冷循环中;b)在第一纯化单元中纯化第一天然气流以除去第一组杂质,从而产生纯化的第一天然气流;c)在该热交换器中使用来自该氮制冷循环的制冷来冷却和液化该第一天然气流以产生LNG流,其中该第一天然气流具有LNG制冷需求,其中该LNG流在第一压力 P_H 下液化;d)在第二纯化单元中纯化第二天然气流以除去第二组杂质,从而产生纯化的第二天然气流;e)在该热交换器中部分地冷却该第二天然气流;f)从该热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的第二天然气流;g)在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的第二天然气流膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且h)在该热交换器中通过与该第一天然气流进行热交换加热该冷天然气流以在该热交换器的热端产生加热的天然气流,其中该天然气膨胀涡轮驱动第一增压器,其中该LNG制冷需求由来自该氮制冷循环和步骤h)的制冷的组合提供。

[0017] 在用于生产LNG和LIN的方法的任选实施例中:

- 该第一增压器被配置成压缩该第二天然气流或者来源于该第二天然气流的流。
- 该第一增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该第一天然气流、该纯化的第一天然气流、该第二天然气流、该纯化的第二天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体;
- 该液氮产物具有LIN制冷需求,其中该LIN制冷需求由来自该氮制冷循环和步骤h)的制冷的组合提供;
- 该第一组杂质在该第一压力 P_H 下具有处于或高于甲烷的液化温度的凝固点;
- 该第二组杂质包含水;
- 该氮制冷循环包括循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮机和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力;
- 该氮制冷循环还包括氮气进料压缩机;
- 该第一天然气流和该第二天然气流来自同一个天然气源;
- 该天然气源是具有在15与100绝压之间的压力的天然气管道;
- 该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源;
- 该第一天然气源包括天然气管道;
- 该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力;
- 该第一纯化单元和该第二纯化单元是同一个单元;
- 该第一纯化单元和该第二纯化单元是分开的单元,其中该第一纯化单元被配置成至

少除去水和二氧化碳,并且其中该第二纯化单元被配置成至少除去水;和/或

●该氮气液化器还包括过冷器。

[0018] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环被配置成在热交换器内提供制冷,其中该氮制冷循环内的氮气的一部分被抽取出并液化产生液氮产物,其中将至少相等部分的气态氮照抽取出原样引入到该氮制冷循环中;b)在热交换器中通过与来自该氮制冷循环的氮气进行热交换来冷却和液化第一天然气流以产生LNG流,其中该LNG流在第一压力下液化;c)使第二天然气流膨胀到第二压力以产生膨胀的天然气流;并且d)在该热交换器中加热该膨胀的天然气流以产生加热的天然气流,其中步骤d)提供用于冷却和液化该第一天然气流的制冷的一部分。

[0019] 在用于生产LNG和LIN的方法的任选实施例中:

●该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源;

●该液氮产物具有LIN制冷需求,其中该LIN制冷需求由来自该氮制冷循环和步骤d)的制冷的组合提供;和/或

●在步骤b)中液化的该第一天然气来源于该膨胀的天然气流,其中该第一压力和该第二压力大致相同。

[0020] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供氮制冷循环,其中该氮制冷循环包括再循环压缩机、涡轮、增压器和多个冷却器,其中该涡轮和增压器被配置成使得该涡轮被配置成为该增压器提供动力,其中该氮制冷循环内的氮气的一部分被抽取出并液化产生液氮产物,其中将至少相等部分的气态氮照抽取出原样引入到该氮制冷循环中;b)提供高压天然气流;c)将该高压天然气流分成第一部分和第二部分;d)冷却和液化该高压天然气流的该第一部分以产生LNG流;e)经由该氮制冷循环提供第一制冷部分;f)通过使该高压天然气的该第二部分膨胀来提供第二制冷部分;并且g)使用该第一制冷部分和该第二制冷部分来实现步骤d)中的该高压天然气流的该第一部分的冷却和液化。

[0021] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于氮气液化器和天然气液化器一体化以生产液化天然气(“LNG”)和液氮(“LIN”)的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供具有第一氮制冷循环的氮气液化器,其中该氮气液化器包括涡轮、增压器和多个冷却器,其中该第一氮制冷循环被配置成在第一热交换器内提供制冷;b)提供第二氮制冷循环,其中该第二氮制冷循环包括第二涡轮、第二增压器和多个第二冷却器,其中该第二氮制冷循环被配置成在第二热交换器内提供制冷;c)在第一纯化单元中纯化第一天然气流以除去第一组杂质,从而产生纯化的第一天然气流;d)在该第二热交换器中使用来自该氮制冷循环的制冷来冷却和液化该第一天然气流以产生LNG流,其中该第一天然气流具有LNG制冷需求,其中该LNG流在第一压力 P_H 下液化;e)在第二纯化单元中纯化第二天然气流以除去第二组杂质,从而产生纯化的第二天然气流;f)在该第二热交换器中部分地冷却该第二天然气流;g)从该第二热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的天然气流;h)在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的天然气流膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且i)在该第二热交换器中通过与该第一天然气流进行热交换加热该

冷天然气流以在该第二热交换器的热端产生加热的天然气流,其中该天然气膨胀涡轮驱动第一增压器,其中该LNG制冷需求由来自该第二氮制冷循环和步骤i)的制冷的组合提供,其中抽取在出在该第一氮制冷循环内的液氮的一部分作为产物液氮,其中将至少相等部分的气态氮照作为产物液氮抽取原样引入到该第一氮制冷循环中,并且其中该第一氮制冷循环和该第二氮制冷循环共用一个共同的氮气再循环压缩机。

[0022] 在用于氮气液化器和天然气液化器一体化的方法的任选实施例中:

- 该第一增压器被配置成压缩该第二天然气流或者来源于该第二天然气流的流。
- 该第一增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该第一天然气流、该纯化的第一天然气流、该第二天然气流、该纯化的第二天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流;该第一组杂质在该第一压力 P_H 下具有处于或高于甲烷的液化温度的凝固点;
- 该第二组杂质包含水;
- 该第一氮制冷循环还包括氮气进料压缩机;
- 该第一氮制冷循环是封闭的制冷循环;
- 该第一天然气流和该第二天然气流来自同一个天然气源;
- 该天然气源是具有在15与100绝压之间的压力的天然气管道;
- 该第一天然气流来自第一天然气源,并且该第二天然气流来自第二天然气源,其中该第一天然气源和该第二天然气源是不同的源;
- 该第一天然气源包括天然气管道;
- 该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力;
- 该第一纯化单元和该第二纯化单元是同一个单元;
- 该第一纯化单元和该第二纯化单元是分开的单元,其中该第一纯化单元被配置成至少除去水和二氧化碳,并且其中该第二纯化单元被配置成至少除去水;和/或
- 该氮气液化器还包括过冷器。

[0023] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于第一液化器和第二液化器一体化以生产第一液化气和第二液化气的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a) 提供具有第一制冷循环的第一液化器,其中该第一液化器包括再循环压缩机、第一热交换器和涡轮增压器;b) 提供第二制冷循环,其中该第二制冷循环被配置成在第二热交换器内提供制冷,c) 在该第二热交换器中通过与该第二制冷循环进行热交换来冷却和液化第一气流以产生液化的第一气流,其中该液化的第一气流处于第一压力;d) 使第二气流膨胀到第二压力以产生膨胀的第二气流;并且e) 在该第二热交换器中加热该膨胀的第二气流以产生加热的气流,其中将该第一制冷循环内的第一制冷气体的一部分抽取并液化产生第一制冷气体的液体产物,其中将至少相等部分的气态第一制冷气体照作为第一制冷气体的液体产物抽取原样引入到该第一制冷循环中,其中除了由该第二制冷循环提供的制冷之外,步骤e) 提供了用于冷却和液化该第一气流的制冷,并且其中该第一制冷循环和该第二制冷循环共用一个共同的再循环压缩机。

[0024] 在用于第一液化器和第二液化器一体化的方法的任选实施例中:

- 该第一制冷循环选自由氮制冷循环和氢制冷循环组成的组;
- 在步骤c) 中液化的该第一气流来源于该膨胀的第二气流,其中该第一压力和该第二

压力大致相同；

- 该第二制冷循环选自由氮制冷循环和氢制冷循环组成的组；
- 在步骤c)中冷却和液化的该第一气流包含天然气；
- 在步骤d)中膨胀的该第二气流包含天然气；和/或
- 该第一制冷气体的液体产物是液氮。

[0025] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于第一液化器和第二液化器一体化以生产第一液化气和第二液化气的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供具有使用第一制冷剂的第一制冷循环的第一液化器,其中该第一制冷循环被配置成在第一热交换器内提供制冷;b)提供具有使用第二制冷剂的第二制冷循环的第二液化器,其中该第二制冷循环被配置成在第二热交换器内提供制冷;c)在该第一热交换器中通过与该第一制冷循环进行热交换冷却第一气流以产生冷却的第一气流;d)在该第二热交换器中通过与该第二制冷循环进行热交换冷却第二气流以产生冷却的第二气流;e)使第三气流膨胀以产生膨胀的第三气流;并且f)在选自由该第一热交换器、该第二热交换器及其组合组成的组中的热交换器中加热该膨胀的第三气流以产生加热的气流,其中除了由该第二制冷循环提供的制冷之外,步骤f)提供了用于冷却该第二气流的制冷,其中除了由该第一制冷循环提供的制冷之外,步骤f)提供了用于冷却该第一气流的制冷,并且其中该第一制冷循环和该第二制冷循环共用一个共同的再循环压缩机。

[0026] 在用于第一液化器和第二液化器一体化的方法的任选实施例中:

- 该第一和第二制冷循环是氮制冷循环;
- 该第一制冷剂和该第二制冷剂具有相同的组成;
- 该第一气流选自下组,该组由以下各项组成:天然气、乙烷、乙烯、乙炔、其他C3-C6烷烃、烯烃和炔烃以及氮气,并且其中该第一气流在冷却步骤c)期间液化;
- 该第一气流选自由氢气和氦气组成的组,其中该第一气流在冷却步骤c)期间不液化;
- 在步骤e)中膨胀的该第三气流包含天然气;
- 将该第一制冷循环内的该第一制冷剂的一部分抽取出并液化产生液体第一制冷剂产物,其中将至少相等部分的气态第一制冷剂照作为液体第一制冷剂抽取出原样引入到该第一制冷循环中;和/或
- 将该第二制冷循环内的该第二制冷剂的一部分抽取出并液化产生液体第二制冷剂,其中将至少相等部分的该第二制冷剂照作为液体第二制冷剂抽取出原样引入到该第二制冷循环中。

[0027] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于氮气液化器和天然气减压一体化以生产液氮("LIN")的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供具有氮制冷循环的氮气液化器,其中该氮气液化器包括氮气再循环压缩机、热交换器和第一涡轮增压器;b)在对于液化氮气有效的条件下将氮气流引入该氮气液化器中以产生液氮产物;c)从在第一压力 P_H 下操作的源抽取出天然气流;d)在纯化单元中纯化该天然气流以产生纯化的天然气;e)在该热交换器中部分地冷却该纯化的天然气;f)从该热交换器的中间区段抽取出该部分冷却的天然气;g)在天然气膨胀涡轮中使该部分冷却的天然气膨胀到中压 P_M 以形成冷天然气流,其中该中压 P_M 处于低于该第一压力 P_H 的压力;并且h)在该热交换器中通过与来自

该氮制冷循环的氮气进行热交换加热该冷天然气流以从该热交换器的热端产生加热的天然气流,其中步骤h)向该氮气液化器提供附加的制冷,使得与不具有步骤c)-i)的方法相比,可以产生附加的液氮,其中该天然气膨胀涡轮驱动第一气体增压器。

[0028] 在用于氮气液化器和天然气流减压一体化的方法的任选实施例中:

- 该第一气体增压器被配置成压缩该天然气流或者来源于其的流;
- 该第一气体增压器被配置成压缩选自下组的流,该组由以下各项组成:该天然气流、该纯化的天然气流、该部分冷却的天然气流、该加热的天然气流和该氮制冷循环内的氮气流体;

- 该纯化单元被配置成从该天然气流中至少除去水;
- 该氮制冷循环还包括氮气进料压缩机;
- 该氮气液化器还包括过冷器;
- 该天然气源包括天然气管道;和/或
- 该天然气管道具有在15与100绝压之间的压力。

[0029] 在本发明的另一方面中,提供了一种用于氮气液化器和天然气减压一体化以生产液氮(“LIN”)的方法。在这个实施例中,该方法可以包括以下步骤:a)提供具有氮制冷循环的氮气液化器,其中该氮气液化器包括氮气再循环压缩机、热交换器和至少一个涡轮增压器;b)在对于液化氮气有效的条件下将氮气流引入该氮气液化器中以产生液氮产物;c)从高压源回收天然气流,其中该天然气流处于第一压力;d)使该天然气流膨胀到第二压力以产生膨胀的天然气流,其中该第二压力是低于该第一压力的压力;并且e)在该热交换器中加热该膨胀的天然气流以产生加热的天然气流,其中步骤e)向该氮气液化器提供附加的制冷,使得与不具有步骤d)至e)的方法相比,可以产生附加的液氮。

附图说明

[0030] 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。

[0031] 图1提供了现有技术的实施例。

[0032] 图2提供了本发明的实施例。

[0033] 图3提供了具有LIN和LNG二者的生产的本发明的实施例。

[0034] 图4提供了具有LIN和LNG二者的生产的本发明的另一个实施例。

[0035] 图5提供了具有LIN和中压天然气生产的本发明的实施例。

具体实施方式

[0036] 虽然本发明将结合若干实施例进行描述,但是应该理解的是,不旨在将本发明限制于那些实施例。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。

[0037] 在一个实施例中,该方法可以包括将天然气减压系统与氮制冷循环一体化。在一个实施例中,该氮制冷循环是闭环制冷循环。在这个实施例中,天然气减压基本上提供“自由”制冷能量,因为天然气将会可替代地跨过阀门减压(即,所产生的天然气的温度下降将

被环境吸收并且不会以任何有意义的方式恢复)。随着天然气涡轮增压器的添加,LNG可以以显著的功率节约共同生产,同时还可能减小氮制冷循环的尺寸。在另一个实施例中,还可以包括纯化单元,储存、装载和公用系统。

[0038] 参照图2,示出了本发明的实施例的工艺流程图。在图2中,高压天然气2优选分成两部分,其中一部分液化而另一部分提供用于冷却和液化天然气的制冷的一部分。天然气流的第一部分102在第一纯化单元130中纯化,其中优选除去酸性气体、水和汞。优选地,天然气内的在天然气液化之前将凝固或损坏下游设备的任何杂质在第一纯化单元130中被除去。然后将所产生的天然气流的纯化的第一部分104从第一纯化单元130中抽取出并引入到热交换器40中以在其中液化。在其中天然气进料含有重烃的实施例中,优选从热交换器40的中间区段抽取出天然气的纯化的第一部分104并使用气液分离器5分离重烃8。可替代地,气液分离器可以用本领域已知的蒸馏柱或其他分离装置代替。代替如图1所示单独收集重烃8,重烃8可以在热交换器40中膨胀并且然后加热。所产生的加热的流可与其他天然气流(例如,冷天然气流144和LNG的第一部分146)在热交换器40内组合。这有利地捕获了来自重烃8的一些冷能,并且如果随后将加热的天然气流108用于燃料,其也提供附加的能量用于该目的。

[0039] 来自气液分离器5的汽化的天然气被再次引入到热交换器40中,其中其随后液化以产生LNG 6。在一个实施例中,LNG的第一部分146可从LNG 6中移除,在第二阀门V2中膨胀,并且然后在热交换器40中加热,由此提供附加的制冷,以产生加热的天然气流108。其余部分然后可以跨过第三阀门V3膨胀,由此产生低压LNG 148。

[0040] 系统的制冷由两个源提供。第一制冷源可以经由常规的氮制冷循环50。将氮气在氮气再循环压缩机10中压缩,在冷却器11中冷却,在第一涡轮增压器20的增压器中进一步压缩,在冷却器21中冷却,然后在第二涡轮增压器25的增压器中进一步压缩,之后在冷却器26中再次冷却。然后在热交换器40中冷却所产生的压缩氮气,其中第一部分被移除并在第二涡轮增压器25的涡轮中膨胀,并且其余部分被移除并在第一涡轮增压器20的涡轮中膨胀。然后将所产生的膨胀的氮气流引入到热交换器40中,在该热交换器中将这膨胀的氮气流经由与天然气和其他氮气流进行间接热交换而加热。

[0041] 第二制冷源通过使用高压天然气的过量压差提供。在这个实施例中,天然气流的第二部分106从高压天然气2中分出,并且然后在具有至少水和可能汞的第二纯化单元131中纯化,以产生天然气的纯化的第二部分132。尽管图2中示出的实施例包括两个单独的纯化单元,在将天然气分成两个流之前,可以使用单个纯化单元来完全纯化整个天然气流。然而,优选在纯化之前将流分开,因为用于提供制冷的天然气(即,未液化的部分)不需要除去二氧化碳,因为天然气涡轮出口流144处于充分加热的温度下,使得二氧化碳不会在这个流内冻结。在另一个实施例中,单元130和131可以组合成单个单元,并且在容器的中间位置处移除不含水分的流(例如,132),并且将不含水分和CO₂的流(例如,104)从容器的与进料位置相反的末端移除。

[0042] 然后将天然气的纯化的第二部分132在天然气涡轮增压器120的增压器中压缩,在冷却器140中冷却以产生压缩的天然气流142。然后将压缩的天然气流142在热交换器40中部分地冷却,之后在天然气涡轮增压器120的涡轮中膨胀以形成冷天然气流144。可替代地,在未示出的实施例中,天然气流142可以在冷却之前被直接送到天然气涡轮120中进

行膨胀。这可以帮助限制144的温度以避免重烃冷凝和可能的凝固。然后将冷天然气流144再次引入到热交换器40中,其中将该冷天然气流通过间接热交换加热并从该热交换器的热端作为加热的天然气流108进行收集。在一个实施例中,冷天然气流144可与重烃8以及任选地LNG的第一部分146在热交换器内组合,或者这些不同的流可在热交换器内单独地加热并在其加热后组合。

[0043] 天然气涡轮增压器120的增压器可以位于许多不同的位置,这取决于天然气源和返回压力。例如,其可以位于:1) 如果进料压力和/或返回压力低,待膨胀的NG流处(图2);2) 在分成待膨胀的流和待液化的流之前的总天然气进料流处(图3),或3) 在高天然气进料压力和高天然返回压力的情况下,在交换器的热端(例如,流108)处的涡轮的排放上(未示出),或4) 如果进料压力低,待液化的天然气流(例如,流104)上(未示出)。可替代地,涡轮可用于驱动发电机或由油压制动器(未示出)消耗。

[0044] 图1和2所示的实施例的比较可以在下面的表I中找到:

表I:图1和图2的能量需求的比较

	基础(通过 N2 循环的典型的 LNG 生产) 图 1	通过 NG 减压和 N2 循环的 LNG 生产 图 2
NG 供应 32 绝压 (mtd)	342	1019
NG 减压 5.6 绝压 (mtd)	0	677
LNG 生产 (mtd)	342	342
N2 循环功率输入 (kW)	7155	4158
LNG 比功率 (kWh/mt)	502	292
功率降低 (%)	---	42%
LIN 生产 (mtd)	---	---
LIN 比功率 (kWh/mt)	---	---

[0045] 在图2所示的装置中,生产342mtd的LNG所需的功率降低至约4158kW,这意味着这种装置的比功率为约292kWh/mt。因此,这代表了功率需求下降约42%。

[0046] 关于图3,使用氮制冷循环与天然气减压组合共同产生液氮和LNG的实施例的工艺流程图。在图3中,天然气可以从天然气源获得,在天然气增压器101中被压缩以产生高压天然气2。高压天然气2优选分成两部分,其中一部分液化而另一部分提供用于冷却和液化天然气的制冷的一部分。天然气流的第一部分102在第一纯化单元130中纯化,其中优选除去酸性气体、水和汞。优选地,天然气内的在天然气液化之前将损坏或凝固的任何杂质在第一纯化单元130中被除去。然后将所产生的天然气流的纯化的第一部分104从第一纯化单元130中抽取出并引入到热交换器40中以在其中液化。在其中天然气进料含有重烃的实施例中,优选从热交换器40的中间区段抽取出天然气的纯化的第一部分104并使用气液分离器5分离重烃8。可替代地,气液分离器可以用本领域已知的蒸馏柱或其他分离装置代替。代替如图1所示单独收集重烃8,重烃8可以在热交换器40中膨胀并且然后加热。所产生的加热流可以与冷天然气流144在热交换器40内组合。这有利地捕获了来自重烃8的一些冷能,并且如果随后将加热的天然气流108用于燃料,其也提供附加的能量用于该目的。

[0047] 来自气液分离器5的汽化的天然气被再次引入到热交换器40中,其中其随后液化以产生LNG 6。虽然未在图3中具体示出,如图2中,在一个实施例中,LNG的第一部分146可从LNG 6中移除,在第二阀门V2中膨胀,并且然后在热交换器40中加热,由此提供附加的制冷,

以产生加热的天然气流108。其余部分然后可以跨过第三阀门V3膨胀,由此产生LNG的第二部分148。在图3所示的实施例中,所有的LNG 6在阀门V3中膨胀并用作产物。

[0048] 系统的制冷由两个源提供。第一制冷源可以经由常规的氮制冷循环50。将氮气在氮气再循环压缩机10中压缩,在冷却器11中冷却,在第一涡轮增压器20的增压器中进一步压缩,在冷却器21中冷却,然后在第二涡轮增压器25的增压器中进一步压缩,之后在冷却器26中再次冷却。然后在热交换器40中冷却所产生的压缩氮气,其中第一部分被移除并在第二涡轮增压器25的涡轮中膨胀,第二部分被移除并在第一涡轮增压器20的涡轮中膨胀。然后将所产生的膨胀的氮气流引入到热交换器40中,在该热交换器中将这膨胀的氮气流经由与天然气和其他氮气流进行间接热交换而加热。

[0049] 第二制冷源通过使用高压天然气的过量压差提供。在这个实施例中,天然气流的第二部分106从高压天然气2中分出,并且然后在具有至少水和优选汞的第二纯化单元131中纯化,以产生天然气的纯化的第二部分132。尽管图3中示出的实施例包括两个单独的纯化单元,在将天然气分成两个流之前,可以使用单个纯化单元来完全纯化整个天然气流。然而,优选在纯化之前将流分开,因为用于提供制冷的天然气(即,未液化的部分)不需要除去二氧化碳,因为天然气涡轮出口流144处于充分加热的温度下,使得二氧化碳不会在这个流内冻结。在另一个实施例中,单元130和131可以组合成单个单元,并且在容器的中间位置处移除不含水分的流(例如,132),并且将不含水分和CO₂的流(例如,104)从容器的与进料位置相反的末端移除。

[0050] 然后将天然气的纯化的第二部分132在热交换器40中部分地冷却,之后在天然气涡轮增压器120的涡轮121中膨胀以形成冷天然气流144。可替代地,在未示出的实施例中,天然气流的纯化的第二部分132可以在冷却之前被直接送到天然气涡轮121中进行膨胀。这可以帮助限制144的温度以避免重烃冷凝和可能的凝固。然后将冷天然气流144再次引入到热交换器40中,其中将该冷天然气流通过间接热交换加热并从该热交换器的热端作为加热的天然气流108进行收集。在一个实施例中,冷天然气流144可与重烃8在热交换器内组合,或者这些不同的流可在热交换器内单独地加热并在其加热后组合。

[0051] 天然气涡轮增压器120的增压器101可以位于许多不同的位置,这取决于天然气源和返回压力。例如,其可以位于:1) 如果进料压力和/或返回压力低,待膨胀的NG流处(图2); 2) 在分成待膨胀的流和待液化的流之前的总天然气进料流处(图3),或3) 在高天然气进料压力和高天然返回压力的情况下,在交换器的热端(例如,流108)处的涡轮的排放上(未示出),或4) 如果进料压力低,待液化的流(例如,流104)上(未示出)。可替代地,涡轮可用于驱动发电机或由油压制动器(未示出)消耗。

[0052] 图2的实施例与图3的实施例之间的主要区别在于在图3中,将低压气态氮作为进料引入到氮制冷循环并将LIN与LNG共同产生。在一个具体实施例中,将气态氮(“GAN”)引入到氮压缩机15中并由其压缩,之后在冷却器16中冷却并且然后加入到制冷循环中。本领域的普通技术人员将认识到,氮压缩机15可以是任选的,因为其使用可以取决于GAN进料流的压力。在另一个实施例中,将冷却的氮气的第三部分从热交换器40中移除,在氮过冷器45中过冷,并且跨过阀门V4膨胀,之后引入到氮气液分离器55中。将氮蒸气57从氮气液分离器55的顶部抽取出并且然后在热交换器40中加热,其中在再次重新加入制冷循环之前将其通过氮压缩机15再压缩。将液氮从氮气液分离器55的底部抽取出,并且优选将一个部分

51送入过冷器45中汽化,而将另一部分52送入液氮储罐(未示出)。

[0053] 因此,图3提供了组合LIN+LNG+天然气减压的实施例。如前所述,氮制冷循环包括再循环压缩机和至少一个涡轮增压器。然而,因为它产生LIN(例如,从回路中移除氮分子),所以它还包括向系统中加入气态氮进料的步骤。在图3所示的实施例中,气态氮组成处于低压,并且因此它还包括氮气进料压缩机以及提供液氮产物的过冷器。如在其他实施例中那样,天然气供应在待液化的流与待膨胀回到低压的流之间分开。如前所指出,天然气增压器101可以位于不同的位置,这取决于天然气进料的流量比和压力和所使用的减压压力。

[0054] 参考图4,示出了具有氮气液化器与天然气液化器的部分一体化的实施例的工艺流程图。在图4中,天然气可以从天然气源获得,在天然气增压器101中被压缩以产生高压天然气2。高压天然气2优选分成两部分,其中一部分液化而另一部分提供用于液化天然气的制冷的一部分。天然气流的第一部分102在第一纯化单元130中纯化,其中优选除去酸性气体、水和汞。优选地,天然气内的在天然气液化之前将损坏设备或凝固的任何杂质在第一纯化单元130中被除去。然后将所产生的天然气流的纯化的第一部分104从第一纯化单元130中抽取并引入到热交换器440中以在其中液化。在其中天然气进料含有重烃的实施例中,优选从热交换器440的中间区段或者在进入交换器440之前抽取天然气的纯化的第一部分104并使用气液分离器5或蒸馏柱分离重烃8。在一个实施例中,重烃8可以在热交换器440中膨胀并且然后加热。所产生的加热的流可与其他天然气流(例如,冷天然气流144)在热交换器440内组合。这有利地捕获了来自重烃8的一些冷能,并且如果随后将加热的天然气流108用于燃料,其也提供附加的能量用于该目的。来自气液分离器5的汽化的天然气被再次引入到热交换器440中,其中其随后液化以产生LNG 6。

[0055] 系统的制冷可以由三个源提供:第一氮制冷循环50、第二氮制冷循环450和通过高压天然气的膨胀。在第一氮制冷循环50中,将来自第一氮制冷循环50和第二氮制冷循环450的氮气在共用的氮气再循环压缩机410中压缩,并在冷却器411中冷却。然后将所产生的压缩氮气分成两个流,第一部分进入第一氮制冷循环50并且第二部分进入第二氮制冷循环450。

[0056] 关于第一氮制冷循环50,可以将氮气在第一涡轮增压器20的增压器中进一步压缩,在冷却器21中冷却,在第二涡轮增压器25的增压器中进一步压缩,之后在冷却器26中再次冷却。然后在热交换器40中冷却所产生的压缩氮气,其中第一部分被移除并在第二涡轮增压器25的涡轮中膨胀,第二部分被移除并在第一涡轮增压器20的涡轮中膨胀。然后将所产生的膨胀的氮气流引入到热交换器40中,在该热交换器中将这膨胀的氮气流经由与天然气和其他氮气流进行间接热交换而加热,并且然后送回到共用的氮气再循环压缩机410中。

[0057] 如在图3中,图4的实施例还包括作为进料引入的低压气态氮并且共同生产LIN。将气态氮(GAN)引入到氮压缩机15中并由其压缩,之后在冷却器16中冷却并且然后加入到制冷循环中。本领域的普通技术人员将认识到,氮压缩机15可以是任选的,因为其使用可以取决于GAN进料流的压力。另外,将压缩氮气的其余部分从热交换器40中移除,在氮过冷器45中过冷,并且跨过阀门V4膨胀,之后引入到氮气液分离器55中。将氮蒸气57从氮气液分离器55的顶部抽取并并且然后在热交换器40中加热,其中在再次重新加入制冷循环之前将其通过氮压缩机15再压缩。将液氮从氮气液分离器55的底部抽取,然后分成第一部分

51 (在过冷器45中汽化以提供用于LIN过冷的热交换) 和第二部分52 (作为优选送到储罐 (未示出) 的LIN产品)。

[0058] 第二制冷源可以是由共用的氮气再循环压缩机410, 共用的冷却器411以及诸如第三涡轮增压器420、冷却器421、第四涡轮增压器425和冷却器426等非共用设备构成的第二氮制冷循环450。

[0059] 第三制冷源通过使用高压天然气的可用过量压差提供。在这个实施例中, 天然气流的第二部分106从高压天然气2中分出, 并且然后在具有至少水和优选汞的第二纯化单元131中纯化, 以产生天然气的纯化的第二部分132。尽管图4中示出的实施例包括两个单独的纯化单元, 在将天然气分成两个流之前, 可以使用单个纯化单元来完全纯化整个天然气流。然而, 优选在纯化之前将流分开, 因为用于提供制冷的天然气 (即, 未液化的部分) 不需要除去二氧化碳, 因为天然气涡轮出口流144处于充分加热的温度下, 使得二氧化碳不会在这个流内冻结。可替代地, 单元130和131可以组合成单个单元, 使得在容器的中间位置处移除不含水分的流132, 并且将不含水分和CO₂的流104从容器的与进料2位置相反的末端移除。

[0060] 可以将天然气的纯化的第二部分132在热交换器440中部分地冷却, 之后在天然气涡轮121中膨胀以形成冷天然气流144。可替代地, 可以将流132在热交换器中冷却之前送到涡轮121进行膨胀, 以由于CO₂冻结或重烃冷凝而限制144的温度。然后将冷天然气流144再次引入到热交换器440中, 其中将该冷天然气流通过间接热交换加热并从该热交换器的热端作为加热的天然气流108进行收集。在一个实施例中, 冷天然气流144可与重烃8在热交换器内组合, 或者这两个流可在热交换器内单独地加热并在其加热后组合。

[0061] 天然气涡轮增压器120的增压器101可以位于许多不同的位置, 这取决于天然气源和返回压力。例如, 其可以位于: 1) 如果进料压力和/或返回压力低, 待膨胀的NG流处 (图2); 2) 在分成待膨胀的流和待液化的流之前的总天然气进料流处 (图3), 或3) 在高天然气进料压力和高天然返回压力的情况下, 在交换器的热端 (例如, 108) 处的涡轮的排放上 (未示出), 或4) 如果进料压力低, 待液化的流 (例如, 104) 上 (未示出)。可替代地, 涡轮可用于驱动发电机或由油压制动器 (未示出) 消耗。

[0062] 如以上所指出, 图4的实施例优选包括与第二氮制冷循环450共用一个共同的氮气再循环压缩机 (例如, 410) 的独立式氮气液化器350。因此, 这样的实施例可以有利地在既具有氮气液化单元又具有天然气入口的位置处生产LIN和LNG。

[0063] 与图3所示的实施例相比, 图4的实施例具有12%的效率提高, 主要是由于附加的涡轮增压器, 这些涡轮增压器可以定位在循环中的温度下以独立地优化LNG和LIN群组。

[0064] 另外, 与独立的氮气液化器加独立的LNG设备相比, 因为该实施例有效地消除了一个再循环压缩机 (典型地是系统的最大资金成本设备), 所以共用的再循环压缩机410提供了更低的资本成本。另外, 与两个小型机器相比, 由于单个大型机器而存在小的效率提高。类似地如前所指示, 用于天然气减压的增压器的位置可以随着天然气源和减压压力而变化。

[0065] 图1-4所示的实施例的比较可以在下面的表II中找到。

表II: 图1-4的对比数据

	基础(通过 N2 循环的典型的 LNG 生产) 图 1	通过 NG 减压和 N2 循环的 LNG 生产 图 2	通过 NG 减压和 N2 循环的 LNG + LIN 生产 (图 3)	通过 NG 减压和 N2 循环的 LNG + LIN 生产 (图 4)
NG 供应 32 绝压 (mtd)	342	1019	1019	1019
NG 减压 5.6 绝压 (mtd)	0	677	677	677
LNG 生产 (mtd)	342	342	342	342
N2 循环功率输入 (kW)	7155	4158	10555	9974
LNG 比功率 (kWh/mt)	502	292	353	313
功率降低 (%)	---	42%	30%	38%
LIN 生产 (mtd)	---	---	301	301
LIN 比功率 (kWh/mt)	---	---	440	440

[0066] 在任选的实施例中,第四气流351可以在热交换器40内被冷却和/或液化以产生冷却/液化的第四气流352。在一个实施例中,第四气流351选自下组,该组由以下各项组成:天然气;乙烷;乙烯;乙炔; C_3 - C_6 烷烃、烯烃和炔烃;氮气;氢气;和氦气。在其中气流351是氢气或氦气的实施例中,气流352优选不是液化的。否则,冷却流352优选是液化的。有利地,这个任选的实施例允许液化三种单独的气体(例如,流52、352和6)。

[0067] 图3和图4所示的实施例优选位于具有大的恒定减压天然气流(例如,热电联产单元或蒸汽甲烷重整器设施)以及氮气源(例如,靠近空气分离单元“ASU”或氮气管道)的工业场地附近、工业场地上或接近该工业场地。氮气通常在ASU附近是可获得的,因为它们通常被设计用于 O_2 生产。可以将氮气以低成本提取到ASU预冷系统中。

[0068] 图4所示的实施例包括生产LNG和LIN的具体实施例,然而,本发明不限于此。相反,本发明的实施例可以包括通过使用两个制冷循环来使第一气体和第二气体液化,其中这两个制冷循环共用一个共同的再循环压缩机。在优选的实施例中,制冷循环是氮制冷循环。在一个实施例中,两个液化器可各自产生LIN或LNG或液态氢或液态氦或任何其他类型的其他工业气体。在另一个实施例中,液化器中的任一个或两个都可以具有配置成使较高压气体源膨胀的膨胀装置。

[0069] 本发明的实施例可以在工业中具有广泛的应用。例如,本发明的实施例可以包括识别未充分利用的液化系统,并且然后在附近增加第二液化器(例如,LNG液化器)。原始液化器可以稍微进行修改以便允许其以前未充分利用的再循环压缩机为两个制冷循环提供压缩。这允许新液化器以更加高效的方式产生其液体。在另一个实施例中,第二液化单元优选地位于高压和低压管道网络(例如,天然气管道)附近,使得该系统能够使用来自天然气膨胀的制冷。

[0070] 在另一个实施例中,可以构建两个新液化器以满足市场需求。例如,第一液化器可

以是氮气液化单元并且第二液化器可以是天然气液化单元,二者均使用氮制冷循环。可能在经济上有利的是液化器中的至少一个是标准化设备(例如,可以批量地设计和生产的模块型设计)。在许多情况下,标准化设备的设计容量大于这种具体应用所需的容量。类似的概念可以适用于现有液化器的再定位。因此,可以构建第二液化器,使得其制冷循环使用与第一液化器相同的再循环压缩机。还常见的是此类液化设备位于工业区附近,因此受益于广泛的天然气管道网络。如在此所述,一个或两个液化器将受益于向每个氮制冷循环中增加天然气膨胀制冷。

[0071] 类似地,如果标准化设备对于特定应用(例如,生产液氮)尺寸过小,则可以设计第二液化单元来弥补差异。在这个实施例中,第二液化单元可以被配置成产生液氮产物以及LNG产物二者。

[0072] 当天然气涡轮驱动发电机而不提取膨胀的制冷能量时,可能出现运行问题。此外,在一些情况下,天然气的流量和压力可能经常波动。由于电力系统并不总是能够接受所产生的从发电机送到输电网的电力波动,这可能会导致关于产生的能量的波动的问题。类似地,由天然气膨胀造成的所产生的冷波动会产生其他公用事业的波动。

[0073] 在本发明的某些实施例中,上述提及的问题可以通过使用LNG和/或LIN储罐来减轻,因为储罐为制冷平衡的波动提供缓冲。例如,天然气条件的微小波动可以通过调节氮制冷循环的负荷和液化的LNG和/或LIN的量来解决。通过停止液化器并通过罐液位补偿可以解决大的或长期的波动。另外,通过调节旁通阀以允许高压天然气绕过液化器并直接进入MP GAN流(未示出)可以解决显著的短期波动。在另一个实施例中,该方法可以包括监测天然气源和/或天然气源下游的流的各种工艺条件(例如,压力、流量、气体组成等)。基于这些监测的过程条件,可以调节各个设定点以进一步优化系统。例如,可以调节的设定点可以包括不同涡轮的膨胀比,连同不同流自始至终的流量。在一个实施例中,通过调节天然气旁通阀和/或涡轮入口控制阀,可以将天然气涡轮的流量和入口压力的设定点控制在液化设备的可接受的运行范围内。在一个实施例中,该方法可以包括中央工艺控制器,该中央工艺控制器被配置成接收不同的监测的工艺条件并且然后基于所监测的工艺条件来确定是否应该调节所选择的设定点。监测装置可以通过所有已知的方法与控制器通信,例如无线地和经由有线电通信二者。

[0074] 图5提供了工艺流程图,其中液氮生产补充有来自天然气减压的制冷。由天然气减压提供的附加能量减少了固定LIN生产的氮制冷循环的功率和尺寸,这取决于可以从天然气减压中移除的能量的量(即,NG减压的流量和压力比)。

[0075] 在这种类型的实施例中,优选的是系统靠近氮气源(例如,具有可用氮气生产的ASU,或其他小型专用氮气发生器,或氮气管道)以及适合减压的加压天然气源。虽然应理解的是天然气流量和压力会有变化,但液化器可以通过对LIN生产和/或来自氮制冷循环的功率进行相应调整来适应这些变化中的一些。

[0076] 图5所示的方法具有一个用于交换器的加热区段的天然气涡轮增压器和一个用于冷区段的氮气涡轮增压器。然而,为了提高效率和灵活性,在本发明的某些实施例中可以包括附加的加热涡轮增压器(如图2所示)。

[0077] 关于纯化,水应该被除去,并且取决于天然气膨胀之前的天然气组成、压力和温度,同样可以从天然气中除去酸性气体(如CO₂)和其他在较低温度下冻结的杂质。天然气在

膨胀之前可以被冷却并且在进入热交换器之前可以达到大约-60°C至-100°C的温度,被重新加热并返回到低压集管。由于CO₂只会在较低温度下冻结,所以不需要从膨胀的流中除去CO₂。

[0078] 由于液化器旨在在具有恒定的天然气减压、氮气源等的工业设施中,这些设施通常在进料天然气中具有少得多的杂质。例如在这些区域中不使用加臭(加入含硫的硫醇)。因此,与安装在非工业现场的类似单元相比,纯化系统可以被简化。

[0079] 本领域的普通技术人员将认识到,可以使用其他类型的制冷循环。因此,本发明的实施例不旨在限于在详细说明和附图中示出和描述的特定制冷循环。另外,尽管在附图中示出并且在此讨论的实施例典型地示出了天然气膨胀涡轮可以连接到天然气增压器,但是本发明的某些实施例不旨在被如此限制。相反,在本发明的某些实施例中,天然气膨胀涡轮121可以驱动位于制冷循环之一(例如氮制冷循环)内的增压器。在这个实施例中,增压器可以被配置成压缩制冷循环内的制冷流体(例如,氮气)。

[0080] 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含所披露的要素、由所披露的要素组成或基本上由所披露的要素组成,并且可以在不存在未披露的要素下实践。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,本领域的技术人员可以认识到可以将某些步骤组合到单个步骤中。

[0081] 单数形式“一个/种”(a/an)和“该(the)”包括复数指示物,除非上下文另外清楚地指出。

[0082] 权利要求中的“包含(comprising)”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。

[0083] 权利要求中的“提供(providing)”被定义为是指供给、供应、使可获得、或制备某物。该步骤可以通过任何行动者在不存在相反的该权利要求中的表达语言下进行。

[0084] 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。本说明包括其中该事件或情况发生的实例以及其中该事件或情况不发生的实例。

[0085] 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。

[0086] 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。

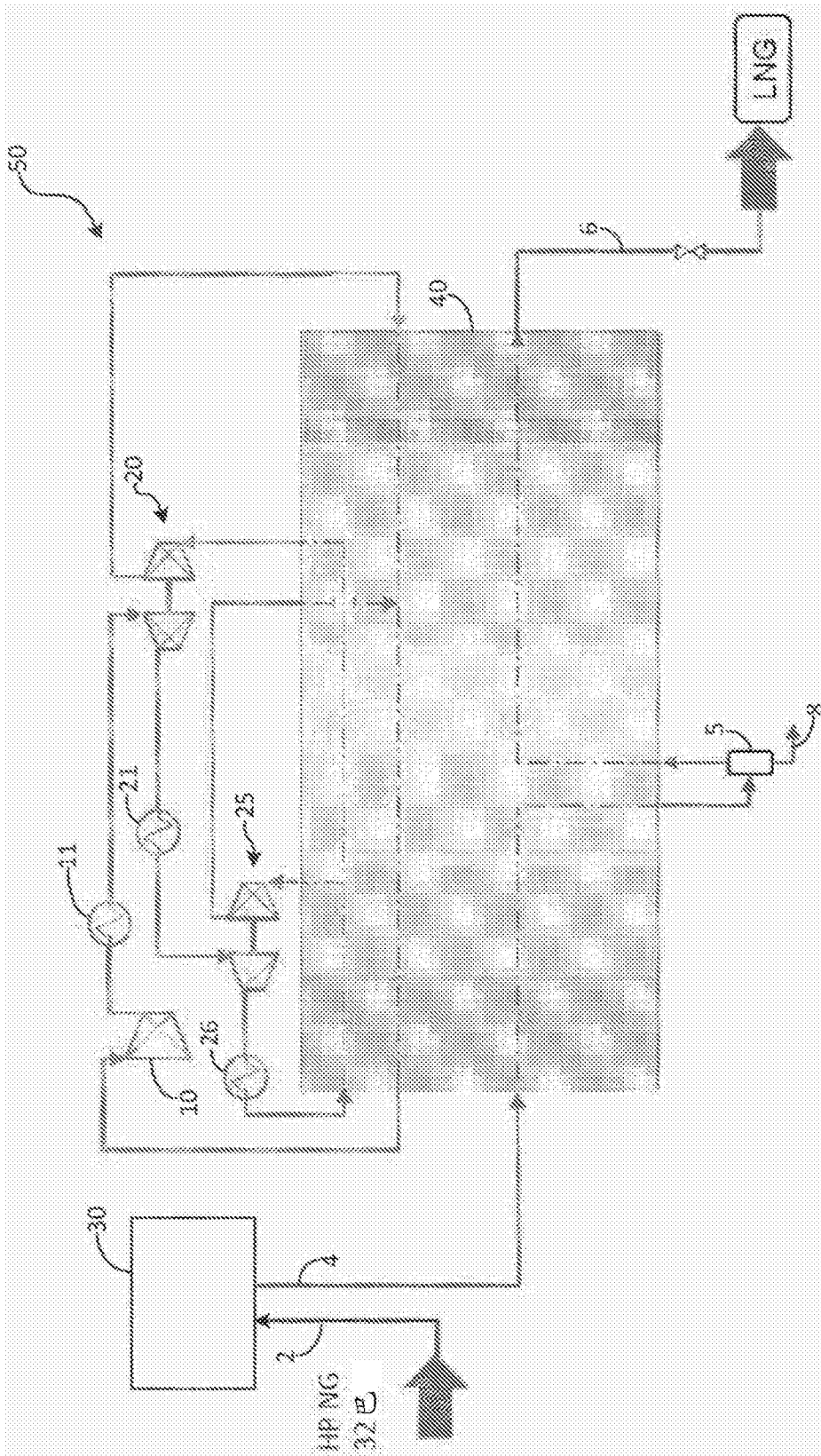


图1 (现有技术)

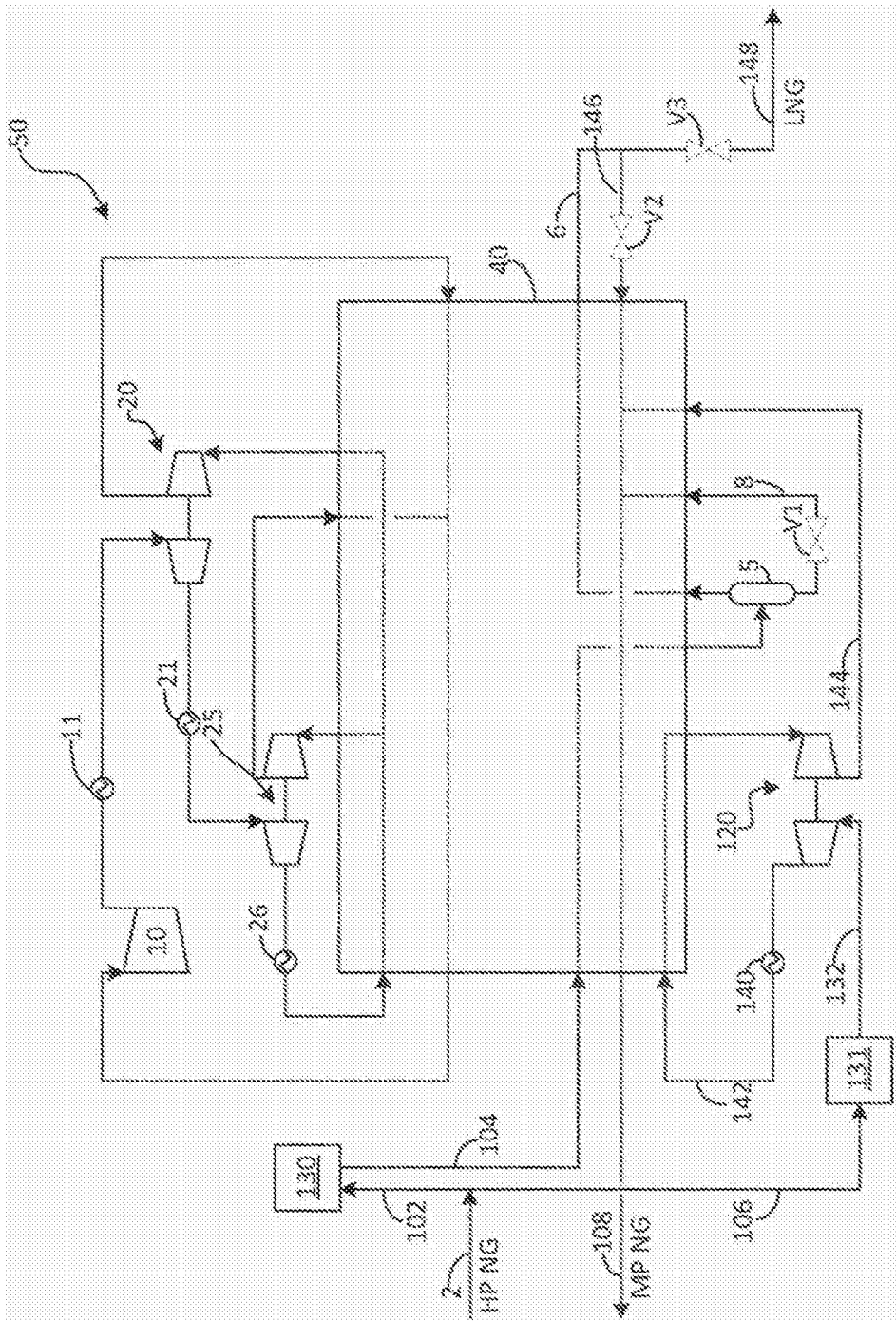


图2

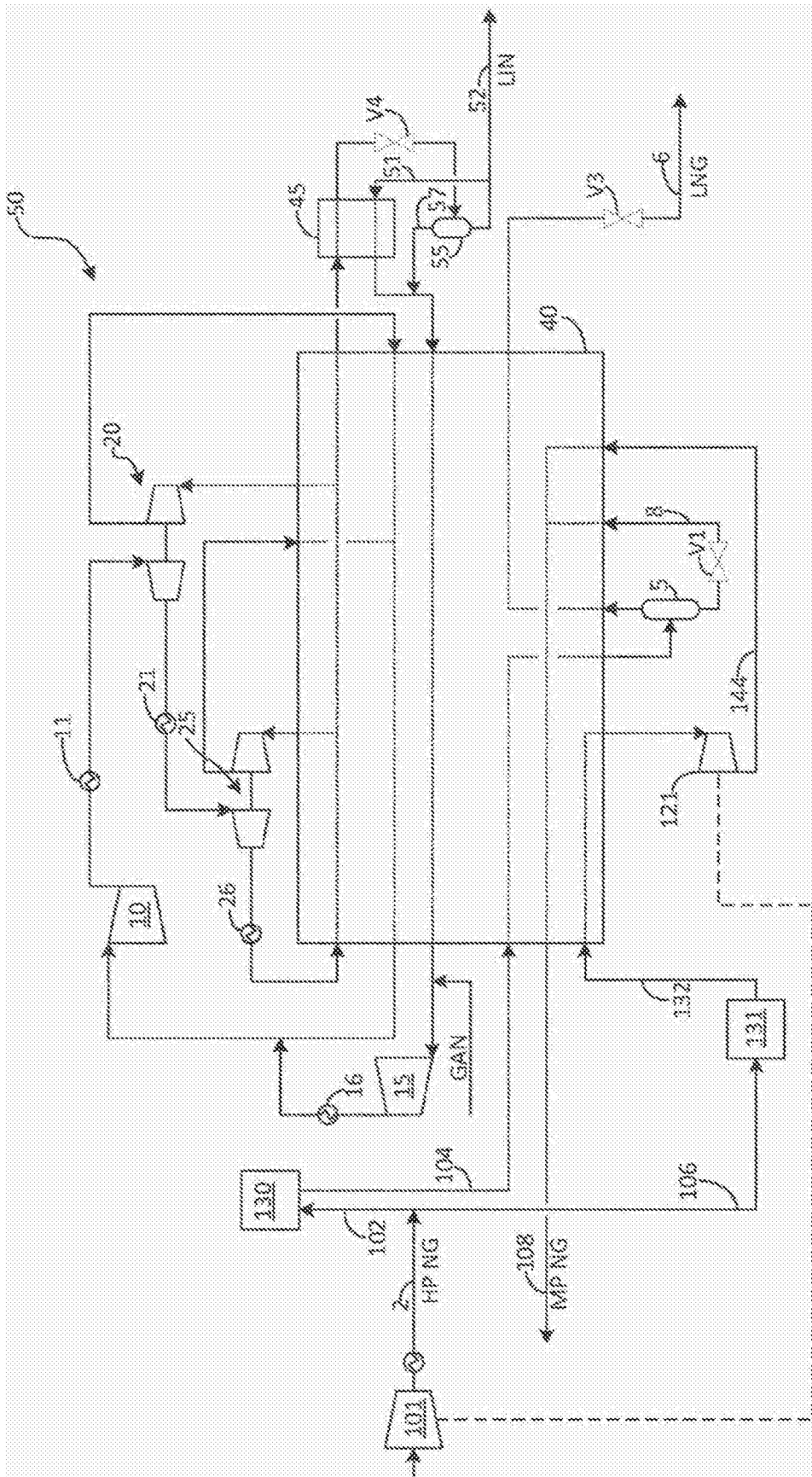


图3

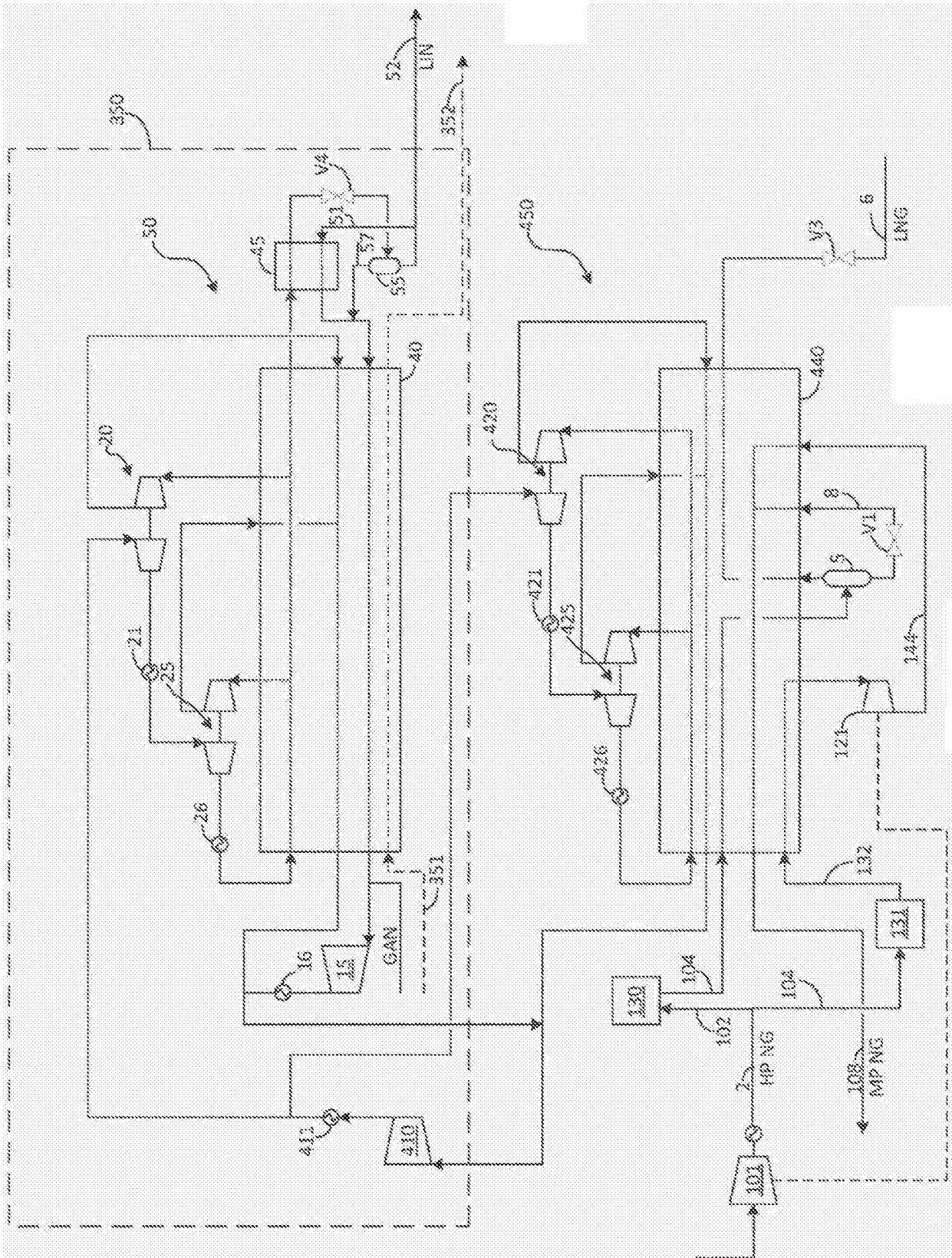


图4

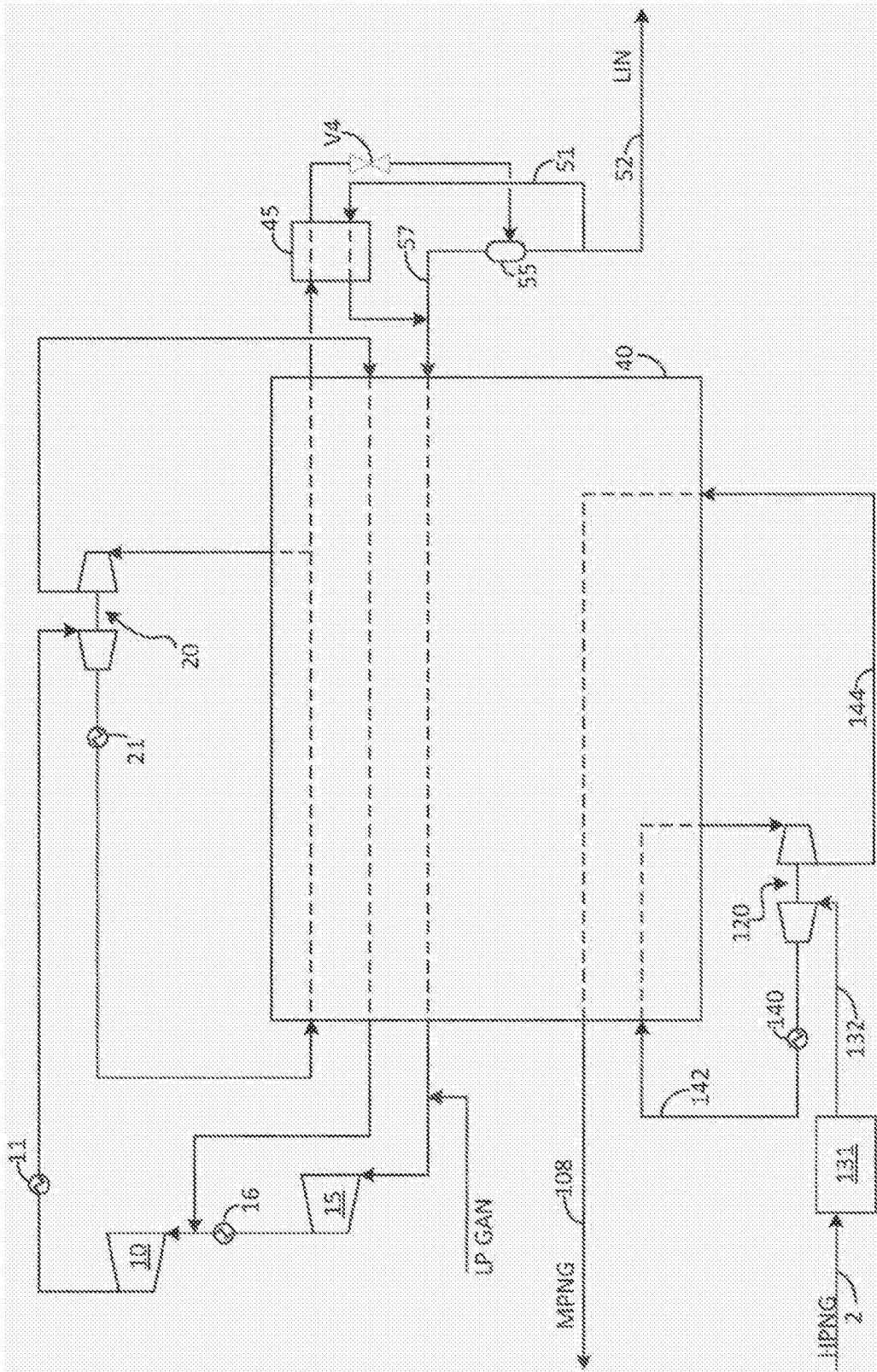


图5