



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103221660 B

(45)授权公告日 2016.11.09

(21)申请号 201180055964.0

(22)申请日 2011.09.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103221660 A

(43)申请公布日 2013.07.24

(30)优先权数据

61/385,042 2010.09.21 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.05.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/052342 2011.09.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/040195 EN 2012.03.29

(73)专利权人 帕尔默实验室有限责任公司

地址 美国北卡罗来纳州

专利权人 八河流资产有限责任公司

(72)发明人 M.R.帕尔默 R.J.奥勒姆

J.E.费特维特

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陈尧剑

(51)Int.Cl.

F02C 3/34(2006.01)

F02C 6/00(2006.01)

F02C 7/10(2006.01)

F01K 23/10(2006.01)

F02C 9/48(2006.01)

F02C 1/00(2006.01)

(56)对比文件

DE 4303174 A1,1994.08.18,

审查员 周红叶

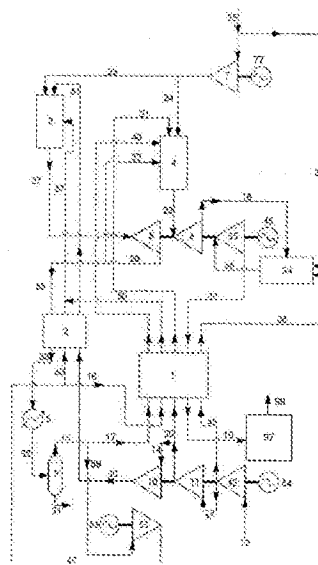
权利要求书4页 说明书14页 附图2页

(54)发明名称

用氮气工作流体高效产生动力的系统和方法

(57)摘要

本文提供了一种使用高压/低压布雷顿动力循环产生动力的方法,其使用主要为 N_2 混合 CO_2 和 H_2O 燃烧产物作为工作流体。高压可在80巴至500巴的范围内。压力比可在1.5至10的范围内。天然气燃料可在第一高压燃烧器中与接近化学计量的加压预热空气一起燃烧,并且净燃烧气体可与经加热的高压再循环 $N_2+CO_2+H_2O$ 流混合,该 $N_2+CO_2+H_2O$ 流将混合气体温度调节至去往产生轴功率的第一功率涡轮机的最大入口温度所需的值。



1. 一种动力产生系统,包括:

第一燃烧器,其被配置成在第一再循环流存在下燃烧第一燃料流和第一空气流,以产生第一燃烧流;

第一涡轮机,其被配置成使所述第一燃烧流膨胀;

第一热交换器,其被配置成从所述第一涡轮机接收至少一部分第一排放流,

其中,所述第一热交换器被配置成利用所述第一排放流的一部分,来加热所述第一空气流和由所述第一排放流产生的所述第一再循环流的至少一部分;

第二燃烧器,其被配置成在由所述第一排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流和第二空气流,以产生第二燃烧流;

第二涡轮机,其被配置成使所述第二燃烧流膨胀;以及

第二热交换器,其被配置成加热所述第二空气流和所述第二再循环流,

所述第一排放流在所述第二燃烧器的上游被分成所述第一再循环流和第二再循环流,所述第一再循环流被引导至所述第一燃烧器,而所述第二再循环流被引导至所述第二燃烧器。

2. 如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述第二热交换器被配置成利用来自所述第二涡轮机的第二排放流来加热所述第二空气流和所述第二再循环流。

3. 如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述第二热交换器还被配置成加热所述第一再循环流的第二部分。

4. 如权利要求1所述的动力产生系统,还包括第三燃烧器,其被配置成在从所述第二涡轮机接收的第二排放流存在下燃烧第三燃料流和第三空气流,以产生第三燃烧流;以及第三涡轮机,其被配置成使所述第三燃烧流膨胀。

5. 如权利要求4所述的动力产生系统,其中,所述第二热交换器被配置成利用来自所述第三涡轮机的第三排放流,来加热所述第二空气流和所述第二再循环流。

6. 如权利要求5所述的动力产生系统,其中,所述第二热交换器还被配置成加热所述第三空气流。

7. 如权利要求5所述的动力产生系统,其中,所述第二热交换器还被配置成加热所述第一再循环流的第二部分。

8. 如权利要求1所述的动力产生系统,还包括再循环压缩机,其被配置成压缩所述第一再循环流。

9. 如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述第一排放流的第二部分被引导至所述第二燃烧器。

10. 如权利要求1所述的动力产生系统,还包括洗涤器,其被配置成从所述第二热交换器接收经冷却的排放流。

11. 如权利要求10所述的动力产生系统,其中,所述洗涤器包括CO₂吸附系统。

12. 如权利要求1所述的动力产生系统,还包括空气压缩机系统,其被配置成压缩进料空气流以产生所述第一空气流和所述第二空气流。

13. 如权利要求12所述的动力产生系统,其中,所述空气压缩机系统包括配置成压缩所述第一空气流的第一空气压缩机和配置成压缩所述第二空气流的第二空气压缩机。

14. 如权利要求13所述的动力产生系统,其中,所述第二空气压缩机还被配置成,在所

述第一空气压缩机压缩所述第一空气流之前,压缩所述第一空气流。

15.如权利要求13所述的动力产生系统,其中,所述空气压缩机系统被配置成控制所述第一空气流的流速和所述第二空气流的流速,以导致在所述第一燃烧器和所述第二燃烧器中的基本化学计量燃烧。

16.如权利要求15所述的动力产生系统,其中,所述空气压缩机系统被配置成控制所述第一空气流的流速和所述第二空气流的流速,以在所述第一燃烧器和所述第二燃烧器中的燃烧中产生的过量 O_2 的浓度不超过5%。

17.如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述第一燃料流和所述第二燃料流包括经压缩的烃气。

18.如权利要求17所述的动力产生系统,其中,所述经压缩的烃气包括甲烷。

19.如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述第一空气流和所述第二空气流包括经压缩的环境空气。

20.如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述第一再循环流和所述第二再循环流各自包括的 N_2 浓度以摩尔计大于50%。

21.如权利要求1所述的动力产生系统,还包括分离器,其被配置成从被引导经过所述第一热交换器的所述第一排放流的一部分中去除液流。

22.如权利要求1所述的动力产生系统,其中,所述动力产生系统被配置成,当在 $1,300^{\circ}C$ 至 $1,500^{\circ}C$ 的涡轮机温度工作时,以低热值计至少60%的净发电效率操作。

23.一种产生动力的方法,包括:

在第一燃烧器中在第一再循环流存在下燃烧第一燃料流和第一空气流以产生第一燃烧流;

在第一涡轮机中使所述第一燃烧流膨胀以使所述第一涡轮机旋转并产生动力;

将至少一部分第一排放流从所述第一涡轮机引导至第一热交换器;

通过所述第一热交换器,利用所述第一排放流的一部分来加热所述第一空气流以及由所述第一排放流产生的至少一部分所述第一再循环流;

在第二燃烧器中在由所述第一排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流和第二空气流以产生第二燃烧流;

在第二涡轮机中使所述第二燃烧流膨胀以使所述第二涡轮机旋转以产生动力;

将所述第二空气流和所述第二再循环流引导至第二热交换器;以及

通过所述第二热交换器加热所述第二空气流和所述第二再循环流,

所述第一排放流在所述第二燃烧器的上游被分成所述第一再循环流和第二再循环流,所述第一再循环流被引导至所述第一燃烧器,而所述第二再循环流被引导至所述第二燃烧器。

24.如权利要求23所述的方法,其中,通过所述第二热交换器加热所述第二空气流和所述第二再循环流包括利用来自所述第二涡轮机的第二排放流来加热所述第二空气流和所述第二再循环流。

25.如权利要求23所述的方法,还包括通过所述第二热交换器加热所述第一再循环流的第二部分。

26.如权利要求23所述的方法,还包括在第三燃烧器中在从所述第二涡轮机接收到的

第二排放流存在下燃烧第三燃料流和第三空气流以产生第三燃烧流;以及

在第三涡轮机中使所述第三燃烧流膨胀以使所述第三涡轮机转动来产生动力。

27. 如权利要求26所述的方法,其中,通过所述第二热交换器加热所述第二空气流和所述第二再循环流包括利用来自所述第三涡轮机的第三排放流来加热所述第二空气流和所述第二再循环流。

28. 如权利要求27所述的方法,还包括通过所述第二热交换器加热所述第三空气流。

29. 如权利要求27所述的方法,还包括通过所述第二热交换器加热所述第一再循环流的第二部分。

30. 如权利要求23所述的方法,还包括通过再循环压缩机压缩所述第一再循环流。

31. 如权利要求23所述的方法,还包括将所述第一排放流的第二部分引导至所述第二燃烧器。

32. 如权利要求23所述的方法,还包括将经冷却的排放流从所述第二热交换器引导至洗涤器。

33. 如权利要求32所述的方法,其中,所述洗涤器为CO₂吸附系统。

34. 如权利要求23所述的方法,还包括通过空气压缩机系统压缩进料空气流以产生所述第一空气流和所述第二空气流。

35. 如权利要求34所述的方法,其中,通过所述空气压缩机系统压缩所述进料空气流包括用第一空气压缩机压缩所述第一空气流,和用第二空气压缩机压缩所述第二空气流。

36. 如权利要求35所述的方法,其中,通过所述空气压缩机系统压缩所述进料空气流包括,在用所述第一空气压缩机压缩所述第一空气流之前,用所述第二空气压缩机压缩所述第一空气流。

37. 如权利要求35所述的方法,还包括通过所述空气压缩机系统控制所述第一空气流的流速和所述第二空气流的流速,以在所述第一燃烧器和所述第二燃烧器中导致基本化学计量燃烧。

38. 如权利要求37所述的方法,还包括通过所述空气压缩机系统控制所述第一空气流的所述流速和所述第二空气流的所述流速,以在所述第一燃烧器和所述第二燃烧器的燃烧中产生的过量O₂的浓度不超过5%。

39. 如权利要求23所述的方法,其中,所述第一燃料流和所述第二燃料流包括经压缩的烃气。

40. 如权利要求39所述的方法,其中,所述经压缩的烃气包括甲烷。

41. 如权利要求23所述的方法,其中,所述第一空气流和所述第二空气流包括经压缩的环境空气。

42. 如权利要求23所述的方法,其中,所述第一再循环流和所述第二再循环流各自包括的N₂浓度以摩尔计大于50%。

43. 如权利要求23所述的方法,还包括通过分离器从被引导经过所述第一热交换器的所述第一排放流的一部分中去除液流。

44. 如权利要求23所述的方法,其中,当在1,300℃至1,500℃的涡轮机温度工作时,以低热值计至少60%的净发电效率产生动力。

45. 一种动力产生系统,包括:

空气供给,其被配置成供给空气流;

燃料供给,其被配置成供给燃料流;

燃烧器,其被配置成在再循环流存在下燃烧所述燃料流和所述空气流以产生燃烧流,其中 N_2 的浓度以摩尔计大于50%,

其中,所述空气供给和所述燃料供给被配置成以下述比例的配置来供给所述空气流和所述燃料流:该配置导致燃烧器中的基本化学计量燃烧具有的过量 O_2 的浓度不超过5%;

涡轮机,其被配置成使所述燃烧流膨胀;以及

热交换器,其被配置成从所述涡轮机接收排放流的至少一部分,

其中,所述热交换器被配置成利用所述排放流的一部分来加热所述空气流和由所述排放流产生的至少一部分所述再循环流。

46.如权利要求45所述的动力产生系统,还包括第二燃烧器,其被配置成在由所述排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流和第二空气流,以产生第二燃烧流;

第二涡轮机,其被配置成使所述第二燃烧流膨胀;以及

第二热交换器,其被配置成加热所述第二空气流和所述第二再循环流。

47.一种用于产生动力的方法,包括:

在燃烧器中在再循环流存在下燃烧燃料流和空气流以产生燃烧流,其中 N_2 的浓度以摩尔计大于50%,

其中,控制所述燃料流与所述空气流之比,以产生具有的过量 O_2 的浓度不超过5%的基本化学计量燃烧;

在涡轮机中使所述燃烧流膨胀以使所述涡轮机旋转并产生动力;

将来自所述涡轮机的至少一部分排放流引导至热交换器;以及

通过所述热交换器利用所述排放流的一部分来加热所述空气流和由所述排放流产生的所述再循环流的至少一部分。

48.如权利要求47所述的方法,还包括在第二燃烧器中在由所述排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流和第二空气流,以产生第二燃烧流;

在第二涡轮机中使所述第二燃烧流膨胀以使所述第二涡轮机旋转来产生动力;

将所述第二空气流和所述第二再循环流引导至第二热交换器;以及

通过所述第二热交换器加热所述第二空气流和所述第二再循环流。

用氮气工作流体高效产生动力的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开内容提供了使用N₂工作流体通过在空气中燃烧燃料产生动力的高效方法。

背景技术

[0002] 随着全世界能源需求持续增长,对于额外的动力生产过程也存在日益增长的需求。当前使用天然气燃料或馏出烃类燃料(distillate hydrocarbon fuel)产生动力的高效方法是结合了天然气的循环(NGCC)的系统,其包括布雷顿循环燃汽轮机(Brayton Cycle gas turbine)和兰金循环蒸汽系统(Rankine cycle steam system)。商业可用的最大燃汽轮机在ISO(国际标准化组织)条件下能够从NGCC系统输出约450MW(兆瓦)至约550MW范围内的动力,且低热值效率在约56%至约60%范围内。当前利用燃煤锅炉加蒸汽发电机的单套单元是可用的,基于最高可达到的蒸汽条件以及当前最好的锅炉设计和材料,其可具有大于1,000MW的动力输出,并提供高达约45%的净电效率。利用单蒸汽涡轮机且动力输出大于1,000MW的核反应堆是可用的。

[0003] 除上述以外,第2011/0179799号美国专利公开了一种高压低压比动力循环,其使用在存在高浓度的氧气氛下燃烧的碳质或烃类燃料,并因此需要提供高纯度的氧源。燃烧产物通过在热交换器中已经被涡轮机排出流加热的高温、高压以及高度提纯的CO₂流的再循环而被冷却。

[0004] 如上所见,本领域现有的以及新兴的技术需要使用多个循环和/或提供高度提纯的材料用于燃烧。此外,仍需要使用在空气中燃烧天然气或馏出燃料的动力系统,其能从单套提供高达500MW或更高的动力输出。

发明内容

[0005] 目前所描述的用于动力生产的系统和方法对于提供高效率的动力生产可以是非常有用的,并且可展示出一种或多种下述特征:

[0006] 所公开的系统和方法在比常规NGCC系统低的最大涡轮机温度下可达到与常规NGCC系统相当的效率。

[0007] 所公开的系统和方法在与常规的NGCC系统相等的涡轮机温度下可达到比常规NGCC系统更高的效率。

[0008] 所公开的系统和方法可具有比常规NGCC系统显著更低的资本成本。

[0009] 所公开的系统和方法可利用单一工作流体。

[0010] 所公开的系统和方法可利用除蒸汽系统以外的装置来驱动涡轮机。

[0011] 所公开的系统和方法可比NGCC系统显著地更为紧凑。

[0012] 所公开的系统和方法在废气中可具有的CO₂浓度显著高于NGCC废气中大致3%的浓度,使得可使用适当的去除系统更加容易地捕捉CO₂。

[0013] 所公开的系统和方法可利用空气作为低成本氧化剂源,而不需要高纯度氧气。

[0014] 所公开的系统和方法可提供接近化学计量的燃烧条件,其能够导致过量惰性气体

的产生,该惰性气体可被排放到大气中。

[0015] 所公开的系统和方法可在动力生产中通过使流经过一个或多个涡轮机膨胀来利用包含惰性气体的高压流。

[0016] 所公开的系统和方法可提供一种操作动力生产过程的方法,其中化石燃料可在高压下在空气中以接近化学计量的条件在具有足够的高压低压比的封闭循环中燃烧,使得氧在燃烧器中燃烧之后留下的加压过量惰性气体可膨胀至大气压,产生额外动力的最大化生产。

[0017] 此外,在一个实施方式中,本公开内容提供了动力生产系统。该动力生产系统可包括:第一燃烧器,其被配置成在第一再循环流存在下燃烧第一燃料流和第一空气流,以产生第一燃烧流;第一涡轮机,其被配置成使第一燃烧流膨胀,以及,第一热交换器,其被配置成从第一涡轮机接收至少一部分第一排放流。该第一热交换器可被配置成利用该部分第一排放流,来加热第一空气流以及至少一部分由第一排放流产生的第一再循环流。动力生产系统还可包括第二燃烧器,其被配置成在由第一排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃烧流和第二空气流,以产生第二燃烧流;第二涡轮机,其被配置成使第二燃烧流膨胀;以及第二热交换器,其被配置成加热第二空气流和第二再循环流。

[0018] 在一些实施方式中,第二热交换器可被配置成利用来自第二涡轮机的第二排放流来加热第二空气流和第二再循环流。第二热交换器还可被配置成加热第一再循环流的第二部分。该动力生产系统还可包括第三燃烧器,其被配置成在从第二涡轮机接收的第二排放流存在下燃烧第三燃烧流和第三空气流,以产生第三燃烧流;以及,第三涡轮机,其被配置成使第三燃烧流膨胀。第二热交换器可被配置成利用来自第三涡轮机的第三排放流来加热第二空气流和第二再循环流。第二热交换器还可被配置成加热第三空气流。第二热交换器还可被配置成加热第一再循环流的第二部分。

[0019] 在一些实施方式中,再循环压缩机可被配置成压缩第一再循环流。第一排放流的第二部分可被引导至第二燃烧器。动力生产系统还可包括洗涤器,其被配置成从第二热交换器接收经冷却的排放流。该洗涤器可包括CO₂吸附系统。

[0020] 在一些实施方式中,动力生产系统还可包括空气压缩机系统,其被配置成压缩进料空气流以产生第一空气流和第二空气流。该空气压缩机系统可包括第一空气压缩机,其被配置成压缩第一空气流;以及,第二空气压缩机,其被配置成压缩第二空气流。该第二空气压缩机还可被配置成在第一空气压缩机压缩第一空气流之前压缩该第一空气流。该空气压缩机系统可被配置成控制第一空气流的流速以及第二空气流的流速,以在第一燃烧器和第二燃烧器中产生基本化学计量的燃烧。例如,空气压缩机系统可被配置成控制第一空气流的流速和第二空气流的流速,以在第一燃烧器和第二燃烧器的燃烧中产生上至约5%的过量O₂。

[0021] 在一些实施方式中,第一燃烧流和第二燃烧流可包括经压缩的烃气。经压缩的烃气可包括甲烷。第一空气流和第二空气流可包括经压缩的环境空气。第一再循环流和第二再循环流可以是摩尔计算大于50% N₂。该动力生产系统还可包括分离器,其被配置成从被引导通过第一热交换器的该部分第一排放流中去除液流。此外,该动力生产系统可被配置成,当在约1,300℃至约1,500℃的涡轮机温度工作时,以低热值计至少约60%的净发电效率操作。

[0022] 在另一个实施方式中,提供了一种产生动力的方法。该方法可包括:在第一燃烧器中在第一再循环流存在下燃烧第一燃料流和第一空气流,以产生第一燃烧流;使第一燃烧流在第一涡轮机中膨胀以使第一涡轮机转动并产生动力;将来自第一涡轮机的至少一部分第一排放流引导至第一热交换器;以及,利用该部分第一排放流通过第一热交换器来加热第一空气流和第一排放流产生的至少一部分第一再循环流。该方法还可包括:在第二燃烧器中在由第一排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流和第二空气流,以产生第二燃烧流;使第二燃烧流在第二涡轮机中膨胀,以使第二涡轮机旋转以产生动力;将第二空气流和第二再循环流引导至第二热交换器;以及,通过第二热交换器加热第二空气流和第二再循环流。

[0023] 在一些实施方式中,通过第二加热交换器加热第二空气流和第二再循环流可包括:利用来自第二涡轮机的第二排放流来加热第二空气流和第二再循环流。该方法还可包括:通过第二热交换器加热第一再循环流的第二部分。该方法还可包括:在第三燃烧器中在从第二涡轮机接收的第二排放流存在下燃烧第三燃料流和第三空气流,以产生第三燃烧流;以及,在第三涡轮机中使第三燃烧流膨胀而使第三涡轮机转动以产生动力。通过第二加热交换器加热第二空气流和第二再循环流可包括利用来自第三涡轮机的第三排放流来加热第二空气流和第二再循环流。该方法可额外地包括:通过第二热交换器加热第三空气流。而且,该方法可包括:通过第二加热交换器加热第一再循环流的第二部分。

[0024] 在一些实施方式中,该方法还可包括:通过再循环压缩机压缩第一再循环流。该方法还可包括:将第一排放流的第二部分引导至第二燃烧器。此外,该方法可包括:将经冷却的排放流从第二热交换器引导至洗涤器。该洗涤器可包括CO₂吸附系统。

[0025] 在一些实施方式中,该方法还可包括:通过空气压缩机系统压缩进料空气流,以产生第一空气流和第二空气流。通过空气压缩机系统压缩进料空气流可包括通过第一空气压缩机压缩第一空气流,以及通过第二空气压缩机压缩第二空气流。通过空气压缩机系统压缩进料空气流可包括在用第一空气压缩机压缩第一空气流之前用第二空气压缩机压缩第一空气流。而且,该方法可包括:通过空气压缩机系统控制第一空气流的流速和第二空气流的流速,以导致在第一燃烧器和第二燃烧器中基本化学计量燃烧。例如,该方法可包括通过空气压缩机系统控制第一空气流的流速和第二空气流的流速,以导致在第一燃烧器和第二燃烧器的燃烧中上至约5%的过量O₂。

[0026] 在一些实施方式中,第一燃料流和第二燃料流可包括经压缩的烃气。经压缩的烃气可包括甲烷。第一空气流和第二空气流可包括经压缩的环境空气。该第一再循环流和第二再循环流以摩尔计可以是大于50%N₂。该方法还可包括通过分离器从引导通过第一加热交换器的部分第一排放流中去除液流。而且,当在约1,300℃至约1,500℃的涡轮机温度工作时,可以以低热值计至少约60%的净发电效率产生动力。

[0027] 提供了动力生产系统的额外实施方式。动力生产系统可包括被配置成供给空气流的空气供给、被配置成供给燃料流的燃料供给,以及被配置成在再循环流存在下燃烧燃料流和空气流以产生以摩尔计为大于50%N₂的燃烧流的燃烧器。空气供给和燃料供给可被配置供应下述比例配置的空气流和燃料流:该比例配置导致在燃烧器中的基本化学计量燃烧具有上至5%的过量O₂。该动力生产系统还可包括:涡轮机,其被配置成使燃烧流膨胀;以及,热交换器,其被配置成从该涡轮机接收至少一部分排放流。热交换器可被配置成利用该

部分排放流来加热空气流以及由排放流产生的至少一部分再循环流。

[0028] 在一些实施方式中,动力生产系统还可包括:第二燃烧器,其被配置成在由排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流以及第二空气流,以产生第二燃烧流;第二涡轮机,其被配置成使第二燃烧流膨胀;以及,第二热交换器,其被配置成加热第二空气流和第二再循环流。

[0029] 提供了用于产生动力的方法的额外实施方式,该方法可包括:在燃烧器中在再循环流存在下燃烧燃料流和空气流,以产生以摩尔计为大于50%N₂的燃烧流,其中,燃料流与空气流的比例被控制,以产生具有上至5%过量O₂的基本化学计量燃烧。该方法还可包括:使燃烧流在涡轮机中膨胀以使涡轮机转动并产生动力;将至少一部分排放流从涡轮机引导至热交换器;以及,利用该部分排放流通过热交换器来加热空气流和由排放流产生的至少一部分再循环流。

[0030] 在一些实施方式中,该方法还可包括在第二燃烧器中在由排放流产生的第二再循环流存在下燃烧第二燃料流和第二空气流,以产生第二燃烧流;使第二燃烧流在第二涡轮机中膨胀而使第二涡轮机转动以产生动力;将第二空气流和第二再循环流引导至第二热交换器;以及,通过第二热交换器加热第二空气流和第二再循环流。

[0031] 附图简述

[0032] 为了帮助理解本公开内容中的实施方式,现将参考附图,附图没有必要按比例描绘。这些附图仅是示例性的,并不应解释为对本公开内容的限制。

[0033] 图1提供了流程图,图解了依据本公开内容的实施方式,一个包括三个涡轮机的动力产生系统及其操作方法;

[0034] 图2提供了流程图,图解了依据本公开内容的另一个实施方式,一个包括两个涡轮机的动力产生系统及其操作方法。

具体实施方式

[0035] 在下文中将通过参考不同的实施方式,更加全面地描述本公开内容。这些实施方式的提供使得本公开内容变得透彻和完整,并且将本公开内容的范围全面地传达给本领域技术人员。的确,本公开内容可以许多不同的形式来实施,并且不应解释为对在此所阐述的实施方式的限制;而是,这些实施方式的提供使得本公开内容满足可适用的法律要求。正如在说明书中,以及在随附的权利要求书中所使用的,单数形式“一”、“一个”、“该”,包括复数指代,除非上下文清楚地指示出不同之处。

[0036] 在某些实施方式中,本公开内容包括相比已知的动力产生系统和方法提供了明显优点的方法和系统,例如,在各种实施方式中,本公开内容可提供下述中的一个或多个:

[0037] • 在布雷顿循环中使用无灰分气体燃料(例如天然气)或无灰分液体燃料(例如馏出燃料)发电,布雷顿循环燃烧燃料与空气,并且在该循环中的主要成分是氮气;

[0038] • 无需单独的兰金蒸汽循环即实现高效率;

[0039] • 基于低热值(LHV)的净效率下的动力生产与目前最好的结合汽轮机的循环系统大致相同(或更好);

[0040] • 高压可使系统能够定义出相对紧凑的外形和相对少的成本;

[0041] • 可将系统定制成提供单套单元(single train units),其具有大于500MW的动

力输出以及相对紧凑的单元;

[0042] • 其中通过采用燃料在压缩预热空气流中的近似化学计量燃烧,促进了从排出气中捕捉 CO_2 ,其中 CO_2 的浓度在10%至20%摩尔范围内;以及

[0043] • 通过在经富含 N_2 气的再循环流调节的排气温度下操作燃烧器,在废气中实现了低 NO_x 水平。

[0044] 在特定的实施方式中,本公开内容可提供空气/纯净燃料布雷顿循环动力系统的操作,而无需蒸汽循环或制氧,这提供了比当前的组合循环单元更低的资本成本,且基本不牺牲效率,并且排气中的 CO_2 浓度例如约10%摩尔或更高的。在一些实施方式中,本系统可使用胺 CO_2 洗涤系统从被排到大气中的废气中去除额外的 CO_2 。

[0045] 现在将参考图1中示出的系统的实施方式说明本公开内容,其并非旨在限制本公开内容,而是被提供用来示出示范性实施方式。一般来说,图1示出了被配置来产生动力的布雷顿循环的实施方式。该系统可包括第一燃烧器3、第二燃烧器4和第三燃烧器34。这些燃烧器3、4、34中的每一个可分别接收和燃烧燃料流(第一燃料流26、第二燃料流24和第三燃料流37)与加热压缩空气流(第一经加热压缩空气流51、第二经加热压缩空气流21和第三经加热压缩空气流38),以产生各自的燃烧流(第一燃烧流27、第二燃烧流23和第三燃烧流36)。燃烧流27、23、36分别被供给第一涡轮机5、第二涡轮机6和第三涡轮机35,这些涡轮机使这些燃烧流膨胀以发生旋转运动,该旋转运动可转变成动力。例如,涡轮机5、6、35可直接地或间接地与发电机45连接。

[0046] 为了提高效率,本系统可包括第一热交换器2和第二热交换器1。来自第一涡轮机5的排放流28的一部分58可被引导通过第一热交换器2,以便使第一压缩空气流30升温,并从而形成第一加热压缩空气流51。该第一热交换器2可同样使被提供给第一燃烧器3的第一再循环流57升温。该第一再循环流57可起到降低第一燃烧器3中的温度的作用,从而降低第一燃料流26与第一空气流51的燃烧中 NO_x 的产生。第一再循环流57还可用于将离开第一燃烧器3的燃烧流27的温度降低至第一涡轮机5的最大入口温度或更低的温度。第一再循环流57可如下形成:在第一热交换器2和冷却器8中冷却来自第一涡轮机5的排放流28的一部分58;在分离器9中分离出液流31;在再循环压缩机53中压缩分离流15的一部分59,以及,将压缩分离流49的一部分60经过第一热交换器引导返回。第一再循环流体57还可包括压缩分离流49的剩余部分16,该剩余部分已经在第二热交换器1中被加热以形成加热压缩分离流50。

[0047] 第二热交换器1可通过来自第三涡轮机35的排放流39被加热。具体而言,来自第二涡轮机6的排放流18可被引导通过第三燃烧器34,并且来自第三燃烧器的燃烧流36可被供给第三涡轮机35。来自第二涡轮机6的排放流18可因此被加热并与燃烧气体合并而形成第三燃烧流36,其可以具有比来自第二涡轮机6的排放流相对更高的温度,因此第三涡轮机35可以比其直接接收来自第二涡轮机的排放流更高的效率工作。然后,来自第三涡轮机35的排放流39被引导至第二热交换器1,并且被冷却的排放流19然后可被排放到大气中。备选地,如所示出的,经冷却的排放流19可被引导通过洗涤器97(例如, CO_2 吸附系统),其被配置成在将排出气体99引导至大气之前去除 CO_2 和/或其它气体。

[0048] 第二热交换器1可被用于加热压缩分离流49的剩余部分16以形成加热压缩分离流50,其可与在第一热交换器2中被加热的压缩分离流49的其它部分60合并,以形成第一再循环流57,其被引导通过第一燃烧器3。第二加热交换器1还可被用于加热分离流15的剩余部

分17,以形成第二再循环流40,其被引导通过第二燃烧器4。第二再循环流40可起到降低第二燃烧器4中的温度的作用,从而降低第二燃料流24与第二空气流21的燃烧中NO_x的产量。第二再循环流40还可用于将离开第二燃烧器4的燃烧流23的温度降低至第二涡轮机6的最大入口温度或更低的温度。在一些实施方式中,来自第一涡轮机5的排放流28的剩余部分22还可被再循环通过第二燃烧器4,而没有在离开第一涡轮机之后首先被冷却、被加热,或另外地被处理。排放流28的剩余部分22用于使来自燃烧空气蒸汽的氮气、氩气和其它惰性不可燃成分以及燃料流与作为燃烧产品衍生的或存在于空气流或燃料流中的大部分CO₂和部分水分作为流99被排到大气中,并防止其在系统中积聚。第一涡轮机5可在高入口压力与低压力比例下工作,这产生高排放压力。第二涡轮机6和第三涡轮机35以及它们相关联的燃烧器4、34和第二热交换器1的目的是使排放流28的剩余部分22中的压力能量被有效地利用,以提高总体动力生产以及工艺效率。第二热交换器1还可将热量提供给第二空气流21和第三空气流38,其分别被引导至第二燃烧器4和第三燃烧器34。

[0049] 关于被供给燃烧器3、4、34的压缩加热空气流51、21、38,该系统可包括空气压缩机系统,其包括第一空气压缩机10、第二空气压缩机11以及第三空气压缩机42,在一些实施方式中,所述空气压缩机可通过电机54驱动,或者被机械连接至一个或多个涡轮机5、6、35上。第三空气压缩机42可接收进料空气流12(例如,环境空气)并压缩该进料空气流。通过第三空气压缩机42压缩的进料流12的第一部分48可被引导通过第二热交换器1,以形成加热压缩空气流38,其被供给第三燃烧器34。通过第三空气压缩机34压缩的进料流12的第二部分47可被引导至第二空气压缩机11。通过第二空气压缩机11压缩的空气流47的第一部分20可被引导通过第二热交换器1,以形成加热压缩空气流21,其被供给第二燃烧器4。第一空气压缩机10可接收通过第二空气压缩机11压缩的空气流47的第二部分14。通过第一空气压缩机10压缩的空气流30可被引导通过第一热交换器2,以形成第一空气流51,其被供给第一燃烧器3。

[0050] 由于这种串联的压缩机配置,其中,第三燃烧器34接收通过第三空气压缩机42压缩的空气流38,第二燃烧器4接收通过第三空气压缩机和第二空气压缩机11压缩的空气流21,并且第一燃烧器3接收通过第三空气压缩机、第二空气压缩机以及第一空气压缩机10压缩的空气流51,因此供给燃烧器的空气供给可以改变。具体而言,进入燃烧器的空气的流速在第一燃烧器3可以是最高的,在第三燃烧器34可以是最底的,而在第二燃烧器4中可以介于第一和第三燃烧器的空气流速之间。而且,与被供给第三燃烧器34的燃料流37(其可未通过燃料压缩机压缩)相比,分别由第一和第二燃烧器3、4接收的燃料流26、24可处于相对较高的压力下,这是由于可由电机77驱动的燃料压缩机7对燃料的进料流25进行了压缩。因此,可控制燃料流26、24、37和加热压缩空气流51、21、38的流速,以提供期望的空气燃料比。例如,可配置流速,以提供基本化学计量燃烧。当在空气以接近化学计量条件燃烧并且在再循环流中混合时,到达各燃烧器3、4、34的各燃料流26、24、37的流速可被单独控制,以提供充分的热量,从而向各涡轮机5、6、35提供所要求的入口温度。可在一个或多个位置(例如,在流48、20、30)处单独控制空气流51、21、38,以在燃烧器3、4、34中对来自燃料流26、24、37的燃料进行接近化学计量的燃烧。在一个或多个位置(例如,在流60、16、17处)分别地控制再循环流57、40的流速,以在被提供给涡轮机5、6、35的燃烧流27、23、36中给出所要求的流速。因此,空气供给(例如,被配置成将空气流51、21、38供应到燃烧器3、4、34的一个或多

个组件)和/或燃料供给(例如,被配置成将燃料流26、24、37供应给每一个燃烧器3、4、34的一个或多个组件)可被配置成以下述比例配置来供应看起来和燃料流:该比例配置导致在燃烧器中发生基本化学计量的燃烧(例如,具有上至约5%的过量 O_2)。在这方面,通过利用包含环境空气的空气流基本化学计量燃烧,燃烧产生的过量惰性气体(例如, N_2 和Ar)可从封闭的系统被去除并被排到大气中。例如,离开第三燃烧器34并进入第三涡轮机35的流36可展示出高压(例如,20巴(2MPa)至60巴(6MPa))和高温,并且包括较高浓度的惰性气体。膨胀过后,流39和流19可分别具有较低压力,其处于或接近大气压力。因此,流膨胀穿过一个或多个涡轮机而产生动力,并在将惰性气体排出到大气之前使惰性气体的压力降低至基本上为大气压力,正如以上所说明的。下面提供了对图1中系统的操作的其他描述。然而,应该理解,这些温度、压力、燃料、气体等是为了示例的目的而提供的。因此,系统的操作可与一些实施方式中所提供示例在一个或多个方面不同。

[0051] 图1中的系统可在高/低压比布雷顿动力循环中使用热交换器2、1(例如,节约装置),其可使用主要为 N_2 并混有 CO_2 和 H_2O 燃烧产物作为工作流体,该工作流体通过多个再循环流57、40、22、18被提供给燃烧器。氮可以占一个或多个再循环流57、40、22、18中的主要成分(例如,以摩尔计大于50%的 N_2)。燃烧器3中的高压可大于约60巴(6MPa)、大于约80巴(8MPa),或者大于约120巴(12MPa),或者可在约80巴(8MPa)至约500巴(50MPa)、约100巴(10MPa)至约450巴(45MPa),或者约200巴(20MPa)至约400巴(40MPa)的范围内。穿过每一个涡轮机5、6、35的压力比可在约4至约12、约5至约11,或者约7至约10的范围内。包含烃的燃料流26可在第一高压燃烧器3中与来自第一加热压缩空气流51的近似化学计量的氧一起燃烧。燃料流优选地包括在环境条件下是气态的烃类,诸如甲烷(即,天然气)。但是,也可使用其它烃类,诸如液化石油气(LPG)。燃料流因此可包括经压缩的烃气(即, C_1 - C_4 烃气的任意组合)。仍进一步,可使用馏出燃料。具体地,可使用自石油蒸馏获取的任意液态燃料,例如汽油、柴油、煤油、燃料油及航空燃料。更一般地,适宜的液态燃料可以是包括 C_5 - C_{70} 、 C_6 - C_{50} 或 C_8 - C_{20} 烃类的石油馏分。净燃烧气体可与再循环流57混合,该再循环流使燃烧流27的温度调节至第一涡轮机5的最大入口温度的值或低于该温度的值。第一再循环流57的一部分60可在第一热交换器2中使用自第一涡轮机5接收的排放流28的一部分58的热量来预热。涡轮机5、6和35的高入口压力和入口温度与低压力比意味着排放温度可相对较高,典型地在400℃至800℃范围内。存在于涡轮排放流28、18和39中的热量可在热交换器1、2中回收以实现高效率并最大化动力输出。

[0052] 通过第一涡轮机5接收的燃烧流27的温度可处于至少约500℃、至少约700℃,或者至少约900℃,或者,其可在约900℃至约1,600℃、约1,000℃至约1,500℃,或者约1,100℃至约1,400℃的范围内。在第一涡轮机5中使用从约4至约12、约5至约11或约7至约10的高压与低压比可导致排放流28的排放压力在从约6.7巴(0.67MPa)至约125巴(12.5MPa)、约12巴(1.2MPa)至约100巴(10MPa)、约15巴(1.5MPa)至约75巴(7.5MPa),或者约20巴(2MPa)至约57巴(5.7MPa)的范围内。来自第一燃烧器3的燃烧流27的一部分,其可包括 $N_2+CO_2+H_2O$,可最终被排放到大气中。来自第一燃烧器3的燃烧流27中的至少一部分在被具有温度调节的第二燃烧器4中的第二再循环流40重新加热之后,可在第二涡轮机6中膨胀。第二再循环流40和第二空气流21可在第二热交换器1中被来自第三涡轮机35的排放蒸汽39加热至约200℃至约800℃、约300℃至约600℃,或者约450℃至约550℃的温度。

[0053] 任选地,为实现高效率,可使来自第二燃烧器4的燃烧流23通过第三涡轮机35以及位于第二涡轮机6和第三涡轮机之间的第三燃烧器34,以便在燃烧流膨胀到大气压力时,使来自该燃烧流的动力输出最大化。第二涡轮机6和第三涡轮机35可利用基本相等的压力比。每一个燃烧流27、23、36可处于从约500℃至约1,800℃、约900℃至约1,600℃,或者约1,100℃至约1,400℃的温度下。被提供给第二燃烧器4和任选地被提供给第三燃烧器34的第二再循环流40,以及第二和第三燃烧器的加热压缩空气流21、38,在第二热交换器1中通过来自第三涡轮机35的排放流39被预热。来自第三涡轮机35的排放流39在作为冷却排气流19排放之前在第二热量交换器1中可被冷却至100℃以下。排气流19可优选地具有大于约5%、大于约8%,或者大于约10%摩尔的CO₂含量。在这方面,由于可使排气流19具有相对高的CO₂含量,洗涤器97的应用得以促进。正如在此所使用的,洗涤器可包括被配置成去除流中的确定成分(更特定地去除诸如CO₂、SO_x和NO_x的污染物)的任意设备或系统。具体而言,用于吸附和去除CO₂的任意合适的系统均可被用作洗涤器。可使用的基于溶剂的系统的非限制性示例包括:如BENFIELD™处理(UOP, LLC)中使用的碱金属碳酸盐、如在ECONAMINE FG PLUS™处理(Fluor Corporation)中使用的醇胺,以及在RECTISOL®处理(Lurgi, GMBH)以及SELEXOL™溶剂(the Dow Chemical Company)中使用的醇、二醇和醚。也可使用其它系统,诸如基于膜的系统,或吸附系统。因此,洗涤器97可降低CO₂含量并将排出气99引导至大气中。可捕捉被去除的CO₂使其被隔离或者用于其它的方法。在其它实施方式中,排气流19可被引导至大气中,而不用将该排气流引导通过提纯系统。

[0054] 来自被输送至各燃烧器3、4、34的加热压缩空气流51、21、38的air的量可限于接近O₂的化学计量浓度,其中与燃料26、24、37完全燃烧所需要的化学计算量相比,净过量O₂浓度低于约5%、低于约3%,或者低于约2%,或者,在约0.1%至约5%、约0.15%至约4%或约0.25%至约3%的范围内。通过对由加热压缩空气流51、21、38输送到燃烧器3、4、34的air采用这样的化学计量浓度,以及通过再循环O₂耗尽的燃烧产物流,本公开的循环有别于在NGCC工厂中使用的常规汽轮机系统。常规的汽轮机可使用压缩空气流来稀释在燃烧器中所产生的燃烧气体,以获得所需的涡轮机入口温度。典型地,总压缩空气的大约三分之二没有燃烧,这通常导致在废气中约14%O₂和约3%CO₂的浓度。相比之下,依据本公开内容的系统可产生分离流15,该分离流通过在第一燃烧器3中燃烧和在第一涡轮机5中膨胀,并在第一热交换器2和冷却器8中冷却以及去除冷凝水流31之后产生,与典型汽轮机系统的约2%至约4%的CO₂含量相比,本系统具有的CO₂含量典型地在约6%至约15%、约8%至约14%,或者约10%至约12%摩尔的范围内。

[0055] 有利的是,对于CO₂的去除,来自第一涡轮机5的排放流28的压缩分离流49以下述条件可得:处于从约5巴(0.5Mpa)至约150巴(15Mpa),或者约6.5巴(0.65Mpa)至约124巴(12.4Mpa)的优选压力范围,并且在第一热交换器2中冷却、在分离器9中去除水分,以及在再循环压缩机53处进行压缩之后,处于近似大气温度下。这种高CO₂分压降低了去除CO₂的资本成本,并提高了去除效率。例如,在该压缩分离流49中可得到从燃料燃烧产生的总CO₂流的约50%至约80%、约55%至约75%,或者约60%至约70%,其可包括优选地在15巴(1.5Mpa)至约100巴(10Mpa)以及接近环境温度的(N₂+Ar)、CO₂、过量O₂以及气相残留水。总CO₂流的剩余部分在大气压下存在于分离流15的剩余部分17中,并且基于干摩尔浓度(dry basis molar concentration)在约7%至约15%、约8%至约14%,或者约10%至约12%的

范围内,其可包括与压缩分离流49相同的成分。

[0056] 在此所述的系统可包括:多级空气压缩机(包括第一空气压缩机10、第二空气压缩机11和第三空气压缩机42),其以二或三个压力级向燃烧器3、4、34供给空气;和单独的高压低压比循环压缩机53,其可将一个或多个再循环流57、40、22、18循环至多个燃烧器3、4、34。空气压缩机10、11、42可以是电驱动的(例如,通过电机54),或者通过来自涡轮机5、6和35的至少一部分轴功率来驱动。空气压缩机10、11、42以及再循环压缩机53可以任选地作为由单个驱动系统驱动的单个系统而连接起来。备选地,空气压缩机10、11、42和/或再循环压缩机53可以是分开的,并被独立驱动。

[0057] 第一热交换器2可被配置成提供对高压涡轮机排放流28的冷却,该排放流离开第一涡轮机5并以约400℃至约1,200℃、约500℃至约1,000℃或约600℃至800℃范围内的温度进入第一热交换器。由来自第一涡轮机5的排放流28释放的热量可被用于加热第一再循环流57的至少一部分60。总系统中的高效率强烈受到离开第一涡轮机5的排放流28的温度和经加热的第一再循环流57的温度之间所实现的相对低的温差的影响。压缩分离流49的比热可明显高于来自第一涡轮机5的排放流28的比热,并且,即使排放流的流速高于压缩分离流的流速(这是因为去除了冷凝流31和分离流15的剩余部分17),也可能具有不足的排放流流量,导致跨过第一热交换器2的温差相对较小。

[0058] 为了克服这个问题,压缩分离流49的一部分16可在第二热交换器1中通过来自第三涡轮机35的排放流39来预热。压缩分离流49的该部分16的流速可被配置成:使其在第二热交换器1中相对于来自第三涡轮机35的排放流39的初始温度具有的温差为处低于约40℃、低于约30℃、低于约20℃,或者低于约10℃。从而,被引导通过第一热交换器2的压缩分离流49的一部分60的流速相对于来自第一涡轮机5的排放流28的流速还可被降低,并且在第一再循环流57和来自第一涡轮机的排放流之间也可达到相对小的温差。在第二热交换器1中被预热以形成预热流50的压缩分离流49的一部分16可与经第一热交换器2加热的压缩分离流的一部分60合并,形成第二经加热的再循环流57。尽管示出加热流50与第一热交换器2下游的压缩分离流49的一部分60合并,但是加热流50也可与第一热交换器上游的部分合并或者在热交换器中两个流具有基本一样温度的点处合并。

[0059] 分离流15中的剩余部分17可绕过再循环压缩机53,并作为第二再循环流40行进通过第二热交换器1到达第二燃烧器4。上述配置可导致在离开第一热交换器2的流(并至少部分地形成第一加热再循环流57)与来自第一涡轮机5的涡轮机废气28之间的温差在约10℃至约40℃的范围内。在一些实施方式中,热交换器2、1可以是采用例如合金617的高镍合金的多通道扩散粘结式热交换器(例如,来自Heatric Division of Meggit PLC),或者是真空铜焊不锈钢板翼式热交换器(例如,来自Chart Industries或者Sumitomo Precision Products)。也可以使用其它合适的热交换器。

[0060] 在优选的系统中,由排放流28形成的冷却分离流15的一部分17、由排放流28形成的冷却分离加压流49的一部分16,以及用于第二和第三燃烧器4、34的空气流21、38在第二热交换器1中通过来自第三涡轮机35的排放流39被加热。第二再循环流40(例如,在第二热交换器1中加热之后的冷却分离流15的剩余部分17)随同燃料流24、加热压缩空气流21(例如,加热后的空气流20),以及涡轮机排放流28的再循环部分22进入第二燃烧器4。燃料流24可通过燃料压缩机7被压缩至基本相当于第二再循环流40的压力。第二燃烧流23以适于第

二涡轮机6的入口流的温度(例如,在约900℃至约1,600℃的范围内)从第二燃烧器4中排出。

[0061] 来自第一涡轮机5的涡轮机排放流28的一部分58可被引导至第一热交换器2来加热,向被供给第一燃烧器3的第一再循环流57和空气流51提供热量。空气流51和第一再循环流57可被加热至约400℃至约900℃的温度,优选约600℃至约800℃的温度。在流过第一热交换器2之后,排放流28形成温度可低于100℃的冷却流33。冷却流33还可通过冷却器8冷却以形成温度基本相当于平均环境温度的冷却流32,以便使液体从流中冷凝,其可作为液流31通过分离器9去除。

[0062] 来自第二涡轮机6的排放流18任选地在第三燃烧器34中被再加热,其中,第三燃料流37与第三加热压缩空气流38一同燃烧。对离开第二涡轮机6的排放流18的再加热可达到第三涡轮机35的入口温度在从约600℃至约1,800℃、约700℃至约1,700℃,或者约900℃至约1,600℃范围内,这通过将温度高于来自第二涡轮机的排放流的工作流体提供给第三涡轮机将提高循环效率。离开第三涡轮机35的排放流39的温度可增至至约200℃至约900℃的范围,这受限于第二热交换器1的最大设计温度。在利用来自第一涡轮机5排放流28的一部分58加热第一热交换器2的实施方式中,第三燃烧器34和第二涡轮机6可被用来确保跨越第三涡轮机35的适当的压力比。大体上,第三涡轮机35可比第二涡轮机6具有更高的压力比和较低的出口温度。第三涡轮机35的入口温度应尽量高-例如,在从约1,000℃至约1,600℃的范围内,这受限于其最大入口温度。

[0063] 取决于温度和压力的设计组合,热交换器2、1可以是真空铜焊不锈钢板翼式热交换器,或者扩散粘结式高镍合金高压热交换器。这样的单元是由例如Sumitomo Precision Products、Chart Industries或者Heatric制造的。任选地,热交换器1、2中的一者或两者还可用于预热进料到该系统的燃料25的进料流的部分或全部。在一些实施方式中,热交换器2、1可被配置成分别利用来自第一涡轮机5的排放流28的一部分58和来自第三涡轮机35的排放流39,将分别通过热交换器接收到的其它流体中的每一个从约100℃以下的温度加热到约300℃至约900℃的温度,并优选加热到约450℃至约800℃的温度。任选地,涡轮机5、6、35中的两个或多个可经由共同的驱动轴或经由齿轮箱被连接至单个发电机45,以使得在每一个涡轮机中具有不同的转速,从而每一个涡轮机以它们各自最佳的速度操作。因此,在一些实施方式中该系统可被用来发电。

[0064] 以下提供的表1至表4示出了在图1中所示系统的操作过程中在不同流12、28、22、23、58、51、18、24、19、27、33、32、31、15、26和25以及第二燃烧器4下的示例性操作参数。操作参数是基于ISO条件下,利用0.4536kmol/hr纯甲烷燃料流的操作,假定涡轮机效率为88.7%,压缩机效率为85%。以图表示出的一些压缩机是作为具有中间冷却的多阶段单元进行计算的。未包括其它辅助动力需求。基于LHV的系统净效率经计算为约60%。

[0065] 表1:流12、28、22、23和58的示例操作参数

[0066]

流:	<u>12</u>	<u>28</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>58</u>
O ₂ (kmol/hr)	9.2533E-01	5.3181E-02	2.6590E-03	3.1486E-01	5.0522E-02
CH ₄ (kmol/hr)	0	2.1455E-25	1.0750E-26	0	2.0412E-25
CO ₂ (kmol/hr)	0	1.3294E+00	6.6471E-02	2.3740E-01	1.2630E+00
H ₂ O (kmol/hr)	4.4614E-02	6.1447E-01	3.0724E-02	2.1364E-03	5.8375E-01
AR (kmol/hr)	4.1076E-02	1.2040E-01	6.0201E-03	3.5056E-02	1.1438E-01
N ₂ (kmol/hr)	3.4504E+00	1.0114E+01	5.0569E-01	2.9447E+00	9.6081E+00
总流量 (kmol/hr)	4.4615	12.2313	0.6116	3.5342	11.6197
总流量 (kg/hr)	128.7128	359.4123	17.9706	104.4543	341.4417
总流量 (m ³ /hr)	107.0595	27.1543	1.3577	5.8739	25.7966
温度(°C)	15.5556	782.0994	782.0994	494.6406	782.0994
压力(巴, MPA)	1, (0.1)	40, (4)	40, (4)	39, (3.9)	40, (4)
蒸汽馏分	1	1	1	1	1
液体馏分	0	0	0	0	0
固体馏分	0	0	0	0	0
密度(kmol/m ³)	0.0417	0.4504	0.4504	0.6017	0.4504
密度(kg/m ³)	1.2022	13.2359	13.2359	17.7826	13.2359
液体体积(m ³ /hr,	0.2374	0.6333	0.0317	0.1892	0.6016

[0067]

15.6°C)					
---------	--	--	--	--	--

[0068] 表2:流51、18、24和19的示例操作参数

[0069]

流:	<u>51</u>	<u>18</u>	<u>24</u>	<u>19</u>
O ₂ (kmol/hr)	6.6100E-01	1.8143E-02	0	1.8143E-02
CH ₄ (kmol/hr)	0	1.7418E-25	1.4969E-01	1.7418E-25
CO ₂ (kmol/hr)	1.0255E+00	4.5355E-01	0	4.5355E-01
H ₂ O(kmol/hr)	6.6574E-03	3.3223E-01	0	3.3223E-01
AR(kmol/hr)	1.2040E-01	4.1076E-02	0	4.1076E-02
N ₂ (kmol/hr)	1.0114E+01	3.4504E+00	0	3.4504E+00
总流量(kmol/hr)	11.9274	4.2954	0.1497	4.2954
总流量(kg/hr)	354.5368	124.8263	2.4014	124.8263
总流量(m ³ /hr)	3.7067	232.3210	0.0806	113.2927
温度(°C)	767.5367	507.1197	36.7829	45.0356
压力(巴, MPA)	304.6, (30.46)	1.2, (0.12)	45, (4.5)	1, (0.1)
蒸汽馏分	1	1	1	0.997645
液体馏分	0	0	0	0.002355
固体馏分	0	0	0	0
密度(kmol/m ³)	3.2178	0.0185	1.8571	0.0379
密度(kg/m ³)	95.6478	0.5373	29.7925	1.1018
液体体积(m ³ /hr, 15.6°C)	0.6386	0.2183	0.0080	0.2183

[0070] 表3:流27、33和32,以及燃烧器4的示例操作参数

[0071]

流:	<u>4</u>	<u>27</u>	<u>33</u>	<u>32</u>
O ₂ (kmol/hr)	1.8143E-02	5.3181E-02	5.0522E-02	5.0522E-02
CH ₄ (kmol/hr)	1.7418E-25	2.1455E-25	2.0412E-25	2.0412E-25
CO ₂ (kmol/hr)	4.5355E-01	1.3294E+00	1.2630E+00	1.2630E+00
H ₂ O(kmol/hr)	3.3223E-01	6.1447E-01	5.8375E-01	5.8375E-01
AR(kmol/hr)	4.1076E-02	1.2040E-01	1.1438E-01	1.1438E-01
N ₂ (kmol/hr)	3.4504E+00	1.0114E+01	9.6081E+00	9.6081E+00
总流量(kmol/hr)	4.2954	12.2313	11.6197	11.6197
总流量(kg/hr)	124.8263	359.4123	341.4417	341.4417
总流量(m ³ /hr)	14.6788	5.5770	8.8685	6.6699
温度(°C)	1276.8628	1278.2656	98.1279	17.2222
压力(巴,MPA)	38,(3.8)	300,(30.0)	39.6,(3.96)	39.4,(3.94)
蒸汽馏分	1	1	0.974572	0.950223
液体馏分	0	0	0.025428	0.049777
固体馏分	0	0	0	0
密度(kmol/m ³)	0.2926	2.1932	1.3102	1.7421
密度(kg/m ³)	8.5038	64.4456	38.5004	51.1912
液体体积(m ³ /hr,15.6°C)	0.2183	0.6333	0.6016	0.6016

[0072] 表4:流31、15、26和25的示例操作参数

[0073]

流:	<u>31</u>	<u>15</u>	<u>26</u>	<u>25</u>
O ₂ (kmol/hr)	1.3063E-07	5.0522E-02	0	0
CH ₄ (kmol/hr)	0	0	3.0391E-01	4.5359E-01
CO ₂ (kmol/hr)	3.8056E-05	1.2629E+00	0	0
H ₂ O(kmol/hr)	5.7836E-01	5.3891E-03	0	0
AR(kmol/hr)	2.3723E-07	1.1438E-01	0	0
N ₂ (kmol/hr)	7.3028E-07	9.6081E+00	0	0
总流量(kmol/hr)	0.5784	11.0413	0.3039	0.4536
总流量(kg/hr)	10.4210	331.0207	4.8755	7.2769
总流量(m ³ /hr)	0.0104	6.6927	0.0456	0.2651
温度(°C)	17.1757	17.1757	221.5596	26.6667
压力(巴,MPA)	39.2,(3.92)	39.2,(3.92)	300,(30.0)	40,(40.0)
蒸汽馏分	0	1	1	1
液体馏分	1	0	0	0
固体馏分	0	0	0	0
密度(kmol/m ³)	55.5867	1.6498	6.6579	1.7109
密度(kg/m ³)	1001.5065	49.4603	106.8111	27.4475

液体体积(m ³ /hr, 15.6℃)	0.0104	0.5912	0.0163	0.0243
---------------------------------	--------	--------	--------	--------

[0074] 本文所公开的系统可尤其有益,原因在于,使用明显更低的涡轮温度可获得可比得上或大于已知NGCC系统效率的效率。因此,本发明的系统可使用比现有技术明显更低的最大涡轮机温度(例如,通过任意涡轮机的流体的最大温度)而仍然获得可比得上或大于已知NGCC系统效率的净发电效率。在一些实施方式中,本系统和方法可被描述为,对于所有涡轮机温度,提供了比NGCC更高的效率。

[0075] 至此,为了实现效率提高,需要显著提高涡轮机操作温度。例如,常规的NGCC系统已经利用了约1,500℃的最大涡轮机温度,以便实现基于LHV为约59%的净效率。为获得高达64%的效率,已知技术需要使用工作在1,700℃范围内的超高温度的汽轮机。相比之下,本文所公开的系统利用约1,279℃的涡轮机温度可获得以LHV计约60%的净效率。在表5中示出了对于不同的涡轮机工作温度,本公开内容的系统和现有的NGCC系统的效率之间的额外的比较:

[0076] 表5:本公开内容的系统和NGCC系统之间的净效率比较

[0077]	最大涡轮机 温度(℃)	NGCC 系统的 效率(基于 % LHV)	本公开系统的效率(基于 % LHV)
	1100	47.5	55.5
	1200	51	58
[0078]	1279	53.5	60
	1400	56.5	63
	1500	59	65
	1700	64	68

[0079] 因此,在一个实施方式中,所公开系统使用更低的最大涡轮机温度可获得可比得上或大于常规NGCC系统的效率。正如以上所述的,可期望的是降低涡轮机温度,从而通过降低对配置成经受高温的昂贵材料的需求,而降低涡轮机的成本。可选地,本文所公开的系统可在与常规NGCC系统相同的最高温度下操作,但获得相对更高的效率。例如,在一个实施方式中,当在涡轮机温度为约1,300℃至约1,500℃下工作时,本文公开的系统或方法可在以低热值计至少约60%的净发电效率下工作。在其它实施方式中,依据本公开内容的系统或方法可在以低热值计的以下任意值的净发电效率下工作:在约1,100℃的温度下至少约55%;在约1,200℃的温度下至少约58%;在约1,400℃的温度下至少约63%;在约1,500℃的温度下至少约65%,或者在约1,700℃的温度下至少约68%。在特定实施方式中,当在涡轮机温度低于约1,500℃、低于约1,400℃,或者低于约1,300℃下工作时,依据本公开内容的系统或方法可在净发电效率以低热值计为至少约60%下工作。在仍进一步的实施方式中,当在涡轮机温度为从约1,100℃至约1,300℃下工作时,依据本公开内容的系统或方法可在以低热值计为至少约55%的净发电效率下工作。

[0080] 如以上所述的,在一些实施方式中,第三涡轮机35和第三燃烧器34是任选的。在这方面,图2示出了不包括第三燃烧器、第三涡轮机,或第三空气压缩机的系统的实施方式。该系统基本上与图1中的系统相似,除了以上所述的差异。如所示出的,来自第二涡轮机6的排

放流18'可被引导至第二热交换器1'而非首先行进穿过第三燃烧器和第三涡轮机。在该实施方式中,排放流18'可处于大气以上的压力下,该压力相当于通过第二涡轮机6和大气之间的第二热交换器1(以及所有互相连接的管道和/或设备)的压降。注意在该实施方式中没有利用洗涤器。因此,冷却排放流19'可被排放到大气中,而非首先行进通过洗涤器。但是,在本实施方式中也可利用洗涤器系统,例如,如图1中系统的实施方式中所示出的。

[0081] 由于没有利用第三涡轮机,第三燃烧器以及与其相关联的燃料和空气流也可不存在。因此,空气压缩机系统可不利用第三空气压缩机,并且第二热交换器1'可不加热第三空气流。因此,进料空气流12'可直接被提供给第二空气压缩机12',而不首先通过第三空气压缩机进行压缩。在其他方面,图2系统可与图1中的系统基本上相似。

[0082] 利用高压低压比第一涡轮机可导致系统具有约55%至约65%范围内的效率,其中来自该第一涡轮机的燃烧产物在一个或两个连接于近化学计量燃烧的附加涡轮级中被膨胀,利用含再循环流的加压预热空气来调节涡轮级入口温度。系统中的高压可允许工厂定义出相对紧凑的外形因素,具有相对低的资本成本。本系统还可被设计成对于基本负荷发电的单车输出功率超过500MW。本系统还可用在低输出应用中,诸如使用馏出低硫燃料的船舶推进单元,其中可实现以LHV计大于50%的热效率。

[0083] 得益于上述描述和附图所呈现的教导的本发明所属领域技术人员在会想到本发明的很多修改和其他实施方式。因此,应理解,本发明并不限于所公开的具有实施方式,而且所述修改和其他实施方式意图包括在所附权利要求的范围内。尽管本文使用了特定术语,但是它们仅以一般性和描述性程度使用,并非为了限制的目的。

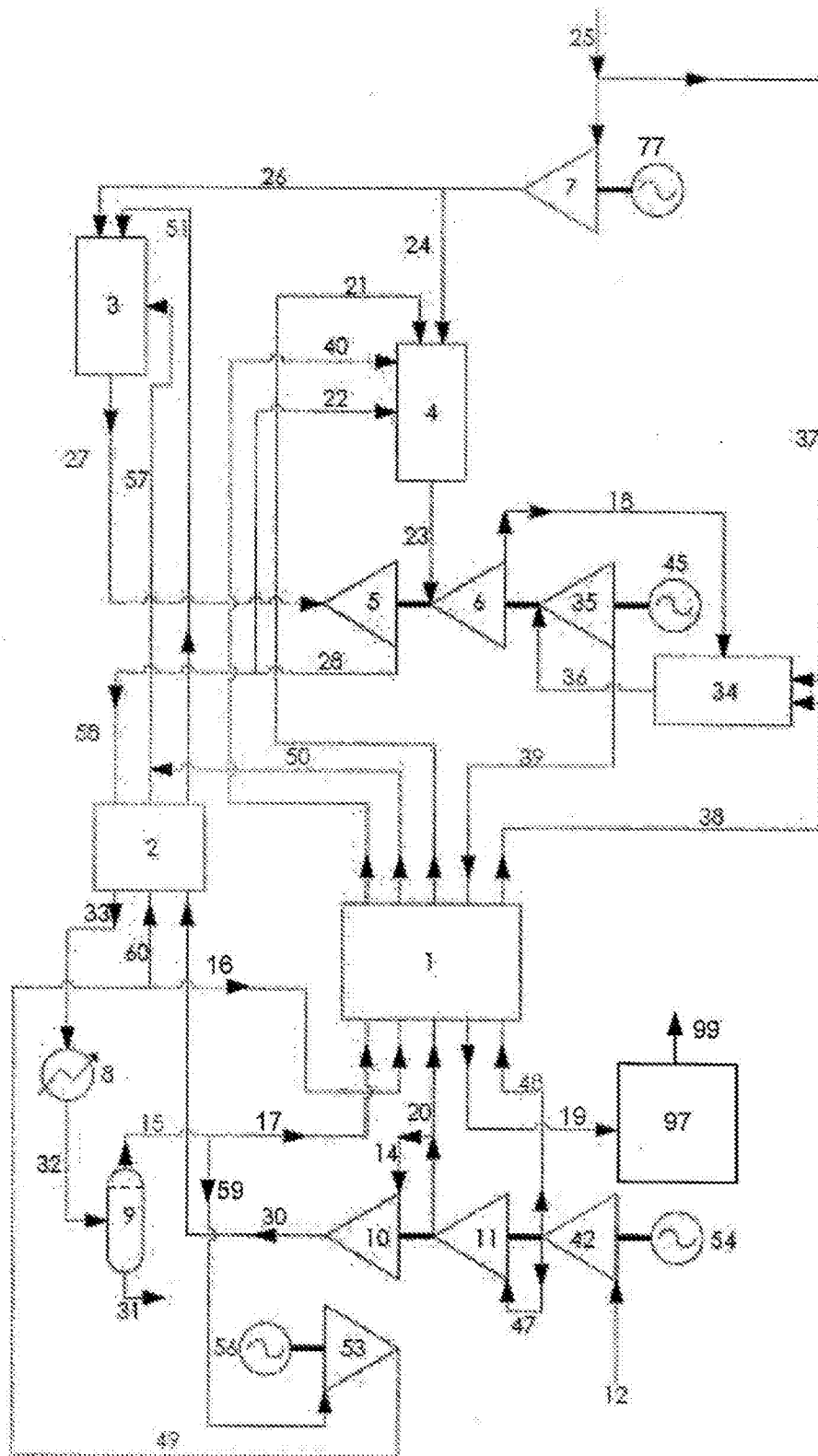


图1

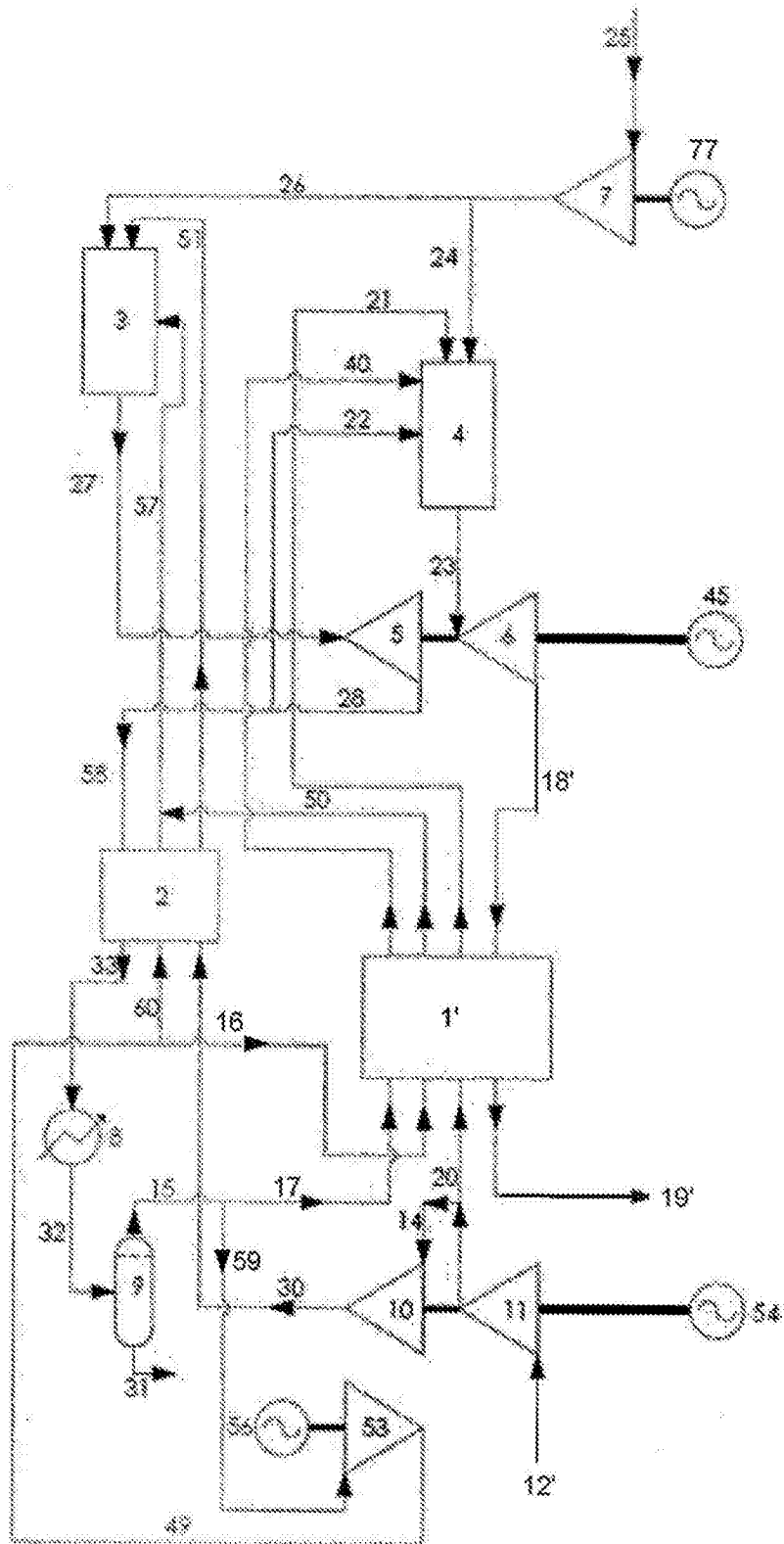


图2