



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109804139 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(21)申请号 201780062586.6

(22)申请日 2017.08.04

(30)优先权数据

1613952.9 2016.08.15 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.10

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2017/052313 2017.08.04

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/033700 EN 2018.02.22

(71)申请人 福彻尔贝有限公司

地址 英国大曼彻斯特

(72)发明人 艾德里安·查尔斯·哈钦斯

伊恩·詹姆斯·亨肖

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332

代理人 王瑞朋 胡彬

(51)Int.Cl.

F01K 23/04(2006.01)

F01K 3/12(2006.01)

F01K 23/02(2006.01)

权利要求书7页 说明书27页 附图10页

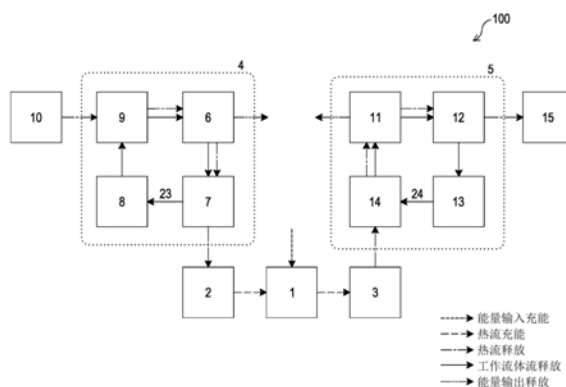
(54)发明名称

热力学循环装置和方法

(57)摘要

一种热力学循环装置,包括:(i)包含第一存储介质的第一存储器;(ii)包含第二存储介质的第二存储器;(iii)热泵,其具有热耦接至第一存储器以冷却第一存储介质的冷侧和热耦接至第二存储器以加热第二存储介质的热侧;(iv)第一工作流体的第一热力学回路;(v)第二工作流体的第二热力学回路;(vi)辅助热输入器件,其热连接至第一热力学回路,使得辅助热可以帮助产生第一加压蒸气;以及(vii)辅助热输出器件,其热连接至第二热力学回路,使得第二工作流体能够将热量散失到辅助散热器。第一热力学回路热独立于第二热力学回路,并且装置可在充能模式、存储模式和释放模式下操作。在充能模式下,热泵被赋能以冷却第一存储介质并加热第二存储介质。在存储模式下,冷却的第一存储介质存储在第一存储器中,并且加热的第二存储介质存储在第二存储器中。在释放模式下,第一加压蒸气通过第一膨胀器膨胀,和/或第二加压蒸气通

过第二膨胀器膨胀。



1. 一种热力学循环装置,包括:

(i) 包含第一存储介质的第一储存器;

(ii) 包含第二存储介质的第二储存器;

(iii) 热泵,其具有热耦接至所述第一储存器以冷却所述第一存储介质的冷侧,以及热耦接至所述第二储存器以加热所述第二存储介质的热侧;

(iv) 第一工作流体的第一热力学回路,所述第一热力学回路包括:

第一蒸发器,其用于蒸发所述第一工作流体以产生第一加压蒸气;

第一膨胀器,其布置成使所述第一加压蒸气膨胀;以及

第一冷凝器,其布置成冷凝接收自所述第一膨胀器的第一工作流体,并且将第一工作流体提供给所述第一蒸发器,所述第一冷凝器热耦接至所述第一储存器;

(v) 第二工作流体的第二热力学回路,所述第二热力学回路包括:

第二蒸发器,其用于蒸发所述第二工作流体以产生第二加压蒸气,所述第二蒸发器热耦接至所述第二储存器;

第二膨胀器,其布置成使所述第二加压蒸气膨胀;以及

第二冷凝器,其布置成冷凝接收自所述第二膨胀器的第二工作流体,并且将第二工作流体提供至所述第二蒸发器;

(vi) 辅助热输入器件,其热连接所述第一热力学回路,使得辅助热能够有助于产生所述第一加压蒸气;以及

(vii) 辅助热输出器件,其热连接至所述第二热力学回路,使得所述第二工作流体能够将热量散失到辅助散热器;

其中,所述第一热力学回路热独立于所述第二热力学回路,并且所述装置能够在充能模式、存储模式和释放模式下操作;

其中,在所述充能模式下,所述热泵被赋能以冷却所述第一存储介质并加热所述第二存储介质;

在所述存储模式下,冷却的第一存储介质存储在所述第一储存器中,并且加热的第二存储介质存储在所述第二储存器中;以及

在所述释放模式下,所述第一加压蒸气通过所述第一膨胀器膨胀,和/或所述第二加压蒸气通过所述第二膨胀器膨胀。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述第一膨胀器和所述第二膨胀器中任一者或两者包括涡轮机、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机或往复式发动机中的一个。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述第一膨胀器和所述第二膨胀器中任一者或两者包括用于生成电力的膨胀器-发电机。

4. 根据任一前述权利要求所述的装置,其中,所述第一热力学回路和所述第二热力学回路中任一者或两者包括用于循环所述第一工作流体或第二工作流体的泵。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中,所述第一冷凝器布置成经由所述第一热力学回路的泵将第一工作流体提供至所述第一蒸发器,和/或所述第二冷凝器布置成经由所述第二热力学回路的泵将第二工作流体提供至所述第二蒸发器。

6. 根据权利要求3或4所述的装置,其中,所述第一热力学回路的泵和/或所述第二热力学回路的泵选自:离心泵、滑动叶片泵、盖劳特泵、齿轮滚子泵、齿轮泵、膜片泵、活塞泵、柱

塞泵、蠕动泵或凸轮泵。

7. 根据权利要求4至6中任一项所述的装置, 包括多个泵, 其中, 所述多个泵安装在公共轴上。

8. 根据权利要求7所述的装置, 其中, 所述第一膨胀器和所述第二膨胀器中的任一者安装在所述公共轴上。

9. 根据权利要求1至6中任一项所述的装置, 其中, 所述第一膨胀器和所述第二膨胀器安装在公共轴上。

10. 根据任一前述权利要求所述的装置, 进一步包括辅助热源, 其用于经由所述辅助热输入器件向所述第一热力学回路提供辅助热。

11. 根据权利要求10所述的装置, 其中, 所述辅助热源包括以下中的一个或多个: 外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、空气调节或制冷系统排出的热量、周围水源、地面源、地热源、太阳能热源、太阳能池、生物活性热源、来自工业过程的废热、以及来自发电技术的废热。

12. 根据任一前述权利要求所述的装置, 进一步包括辅助散热器, 其用于经由所述辅助热输出器件接收来自所述第二热力学回路的热量。

13. 根据权利要求12所述的装置, 其中, 所述辅助散热器包括以下中的一个或多个: 外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、周围水源、地面源和废冷源。

14. 根据任一前述权利要求所述的装置, 其中, 所述第二热力学回路包括附加的辅助热输入器件, 使得附加的辅助热能够有助于产生所述第二加压蒸气。

15. 根据权利要求14所述的装置, 进一步包括附加的辅助热源, 其用于经由所述附加的辅助热输入器件向所述第二热力学回路提供附加的辅助热。

16. 根据任一前述权利要求所述的装置, 进一步包括在所述第一蒸发器和所述第一膨胀器之间的第一过热器, 所述第一过热器布置成使第一工作流体过热。

17. 根据任一前述权利要求所述的装置, 进一步包括在所述第二蒸发器和所述第二膨胀器之间的第二过热器, 所述第二过热器布置成使第二工作流体过热。

18. 根据任一前述权利要求所述的装置, 进一步包括在所述第二冷凝器和所述第二蒸发器之间的预热器, 所述预热器构造为加热第二工作流体。

19. 根据任一前述权利要求所述的装置, 其中, 所述第一存储介质和所述第二存储介质中任一者或两者包括封装相变材料或未封装相变材料。

20. 根据任一前述权利要求所述的装置, 其中, 所述热泵的冷侧通过第一热传递流体的第一热传递回路热耦接至所述第一储存器。

21. 根据从属于权利要求19的权利要求20所述的装置, 其中, 所述第一存储介质包括未封装相变材料, 并且所述第一热传递流体不能混溶在所述第一存储介质中。

22. 根据任一前述权利要求所述的装置, 其中, 所述热泵的热侧通过第二热传递流体的第二热传递回路热耦接至所述第二储存器。

23. 根据从属于权利要求19的权利要求22所述的装置, 其中, 所述第二存储介质包括未封装相变材料, 并且所述第二热传递流体不能混溶在所述第二存储介质中。

24. 根据任一前述权利要求所述的装置, 其中, 所述第一储存器通过第三热传递流体的第三热传递回路热耦接至所述第一热力学回路的冷凝器。

25. 根据从属于权利要求20的权利要求24所述的装置,其中,所述第三热传递流体与所述第一热传递流体相同。

26. 根据任一前述权利要求所述的装置,其中,所述第二存储器通过第四热传递流体的第四热传递回路热耦接至所述第二热力学回路的蒸发器。

27. 根据从属于权利要求22的权利要求26所述的装置,其中,所述第四热传递流体与所述第二热传递流体相同。

28. 根据任一前述权利要求所述的装置,其中,所述热泵包括制冷剂的制冷回路。

29. 根据权利要求28所述的装置,其中,所述制冷回路包括制冷压缩机、制冷蒸发器、制冷冷凝器或气体冷却器、以及用于使制冷剂膨胀的制冷膨胀器件,其中,所述热泵的冷侧包括所述制冷蒸发器,并且所述热泵的热侧包括所述制冷冷凝器或气体冷却器。

30. 根据权利要求29所述的装置,其中,所述制冷膨胀器件包括制冷膨胀阀或制冷剂膨胀器。

31. 根据任一前述权利要求所述的装置,其中,所述第一存储介质和/或所述第二存储介质包括在所述装置的所述充能模式、所述存储模式和所述释放模式中的任一者的操作期间不改变相的液体。

32. 根据权利要求31所述的装置,包括用以搅动和/或再循环所述第一存储介质以使所述第一存储器内的温度均匀化并抑制分层的器件,以及/或包括用以搅动和/或再循环所述第二存储介质以使所述第二存储器内的温度均匀化并抑制分层的器件。

33. 根据任一前述权利要求所述的装置,其中,所述第一存储器和/或所述第二存储器各自包括初级容器和次级容器。

34. 根据权利要求33所述的装置,其中,所述第一存储介质是当所述装置以所述充能模式操作时能从初级第一容器传递到次级第一容器、以及当所述装置以所述释放模式操作时能从所述次级第一容器传递到所述初级第一容器的液体。

35. 根据权利要求33或34所述的装置,其中,所述第二存储介质是当所述装置以所述充能模式操作时能从初级第二容器传递到次级第二容器、以及当所述装置以所述释放模式操作时能从所述次级第二容器传递到所述初级第二容器的液体。

36. 根据任一前述权利要求所述的装置,进一步包括布置在所述第一存储器和/或所述第二存储器中的一个或更多个热交换器。

37. 根据任一前述权利要求所述的装置,进一步包括附加的辅助散热器件,所述附加的辅助散热器件布置成使得与其热连接的附加的辅助散热器能够有助于所述第一加压蒸气的冷凝。

38. 根据权利要求37所述的装置,进一步包括与所述附加的辅助散热器件热连接的附加的辅助散热器。

39. 根据任一前述权利要求所述的装置,进一步包括附加的能量存储器件,其布置成独立于由所述第一膨胀器和所述第二膨胀器输出的能量而输出能量。

40. 根据权利要求39所述的装置,其中,所述附加的能量存储器件包括电容器、电池、飞轮或其它非电能或机械能存储器件。

41. 根据任一前述权利要求所述的装置,其中,所述第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者包括朗肯循环、洛伦兹循环或卡林纳循环。

42. 根据任一前述权利要求所述的装置, 其中, 所述第一存储介质和第二存储介质中任一者或两者被构造为在 $-50^{\circ}\text{C}$ 和 $200^{\circ}\text{C}$ 之间或者在 $-30^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C}$ 之间的温度下存储。

43. 一种操作热力学循环装置的方法, 包括:

(a) 提供一种热力学循环装置, 所述热力学循环装置包括:

(i) 包含第一存储介质的第一储存器;

(ii) 包含第二存储介质的第二储存器;

(iii) 热泵, 其具有热耦接至所述第一储存器以冷却所述第一存储介质的冷侧, 以及热耦接至所述第二储存器以加热所述第二存储介质的热侧;

(iv) 第一工作流体的第一热力学回路, 所述第一热力学回路包括:

第一蒸发器, 其用于蒸发所述第一工作流体以产生第一加压蒸气;

第一膨胀器, 其布置成使所述第一加压蒸气膨胀; 以及

第一冷凝器, 其布置成冷凝接收自所述第一膨胀器的第一工作流体并将第一工作流体提供给所述第一蒸发器, 所述第一冷凝器热耦接至所述第一储存器; 以及

(v) 第二工作流体的第二热力学回路, 所述第二热力学回路包括:

第二蒸发器, 其用于蒸发所述第二工作流体以产生所述第二加压蒸气, 所述第二蒸发器热耦接至所述第二储存器;

第二膨胀器, 其布置成使所述第二加压蒸气膨胀; 以及

第二冷凝器, 其布置成冷凝接收自所述第二膨胀器的第二工作流体, 并且将第二工作流体提供至所述第二蒸发器;

(b) 通过给所述热泵赋能以冷却所述第一存储介质并加热所述第二存储介质来在充能模式下操作所述装置;

(c) 通过将冷却的第一存储介质存储在所述第一储存器中以及将加热的第二存储介质存储在所述第二储存器中来在存储模式下操作所述装置;

(d) 通过使用辅助热源以在所述第一蒸发器中产生所述第一加压蒸气、利用所述第一膨胀器使所述第一加压蒸气膨胀以及在所述第一冷凝器中冷凝所述第一工作流体, 从而在第一释放模式下操作所述装置; 以及

(e) 通过使用来自所述第二储存器的热量以在所述第二蒸发器中产生所述第二加压蒸气、使所述第二加压蒸气膨胀以及使用辅助散热器以在所述第二冷凝器中冷凝所述第二工作流体, 从而在第二释放模式下操作所述装置;

其中, 步骤(d) 和(e) 能够同时和彼此独立地进行。

44. 根据权利要求43所述的方法, 其中, 所述第一膨胀器和所述第二膨胀器中任一者或两者包括涡轮机、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机或往复式发动机中的一个, 其中, 所述涡轮机能够可选地是径向涡轮机、轴向涡轮机或脉冲涡轮机。

45. 根据权利要求43或44所述的方法, 其中, 所述第一膨胀器和所述第二膨胀器中任一者或两者包括用于生成电力的膨胀器-发电机。

46. 根据权利要求43至45中任一项所述的方法, 其中, 所述第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者包括用于使第一工作流体或第二工作流体循环的泵。

47. 根据权利要求46所述的方法, 包括: 使用所述第一热力学回路的泵将第一工作流体从所述第一冷凝器提供至所述第一蒸发器; 和/或使用所述第二热力学回路的泵将第二工

作流体从所述第二冷凝器提供至所述第二蒸发器。

48. 根据权利要求46或47所述的方法, 其中, 所述第一热力学回路的泵和/或所述第二热力学回路的泵选自: 离心泵、滑动叶片泵、盖劳特泵、齿轮滚子泵、齿轮泵、膜片泵、活塞泵、柱塞泵、蠕动泵或凸轮泵。

49. 根据权利要求46至48中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括多个泵, 其中, 所述多个泵安装在公共轴上。

50. 根据权利要求49的方法, 其中, 所述第一膨胀器和所述第二膨胀器中的任一者安装在所述公共轴上。

51. 根据权利要求43至48中任一项所述的方法, 其中, 所述第一膨胀器和所述第二膨胀器安装在公共轴上。

52. 根据权利要求43至51中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括辅助热源, 其用于经由辅助热输入器件向所述第一热力学回路提供辅助热。

53. 根据权利要求52所述的方法, 其中, 所述辅助热源包括以下中的一个或多个: 外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、空气调节或制冷系统排出的热量、周围水源、地面源、地热源、太阳能热源、太阳能池、生物活性热源、来自工业过程的废热、以及来自发电技术的废热。

54. 根据权利要求43至53中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括辅助散热器, 并且所述方法包括使用所述辅助散热器以经由辅助热输出器件从所述第二热力学回路接收热。

55. 根据权利要求54所述的方法, 其中, 所述辅助散热器包括以下中的一个或多个: 外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、周围水源、地面源和废冷源。

56. 根据权利要求43至55中任一项所述的方法, 其中, 所述第二热力学回路包括附加的辅助热输入器件, 使得附加的辅助热能够有助于产生所述第二加压蒸气。

57. 根据权利要求56所述的方法, 其中, 所述装置包括附加的辅助热源, 并且所述方法包括使用来自所述辅助热源的热量以帮助在充能模式、存储模式、第一释放模式和第二释放模式中的任一者中产生所述第二加压蒸气。

58. 根据权利要求43至57中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括在所述第一蒸发器和所述第一膨胀器之间的第一过热器, 并且所述方法包括使用所述第一过热器来使所述第一工作流体过热。

59. 根据权利要求43至58中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括在所述第二蒸发器和所述第二膨胀器之间的第二过热器, 并且所述方法包括使用所述第二过热器来使所述第二工作流体过热。

60. 根据权利要求43至59中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括在所述第二冷凝器和所述第二蒸发器之间的预热器, 并且所述方法包括使用所述预热器来加热所述第二工作流体。

61. 根据权利要求43至60中任一项所述的方法, 其中, 所述第一存储介质和所述第二存储介质中任一者或两者包括封装相变材料或未封装相变材料。

62. 根据权利要求61的方法, 其中, 所述第一存储介质包括未封装的材料, 并且所述方法包括在所述充能模式的操作结束时将所述第一存储介质存储为浆料或可裂解固体。

63. 根据权利要求61或62所述的方法, 其中, 所述第二存储介质包括未封装的材料, 并

且所述方法包括在第二释放模式的操作结束时将所述第二存储介质存储为浆料或可裂解固体。

64. 根据权利要求43至63中任一项所述的方法, 其中, 所述热泵的冷侧通过第一热传递流体的第一热传递回路热耦接至所述第一储存器。

65. 根据从属于权利要求63的权利要求64所述的方法, 其中, 所述第一存储介质包括未封装相变材料, 并且所述第一热传递流体不能混溶在所述第一存储介质中。

66. 根据权利要求43至65中任一项所述的方法, 其中, 所述热泵的热侧通过第二热传递流体的第二热传递回路热耦接至所述第二储存器。

67. 根据从属于权利要求63的权利要求66所述的方法, 其中, 所述第二存储介质包括未封装相变材料, 并且所述第二热传递流体不能混溶在所述第二存储介质中。

68. 根据权利要求43至67中任一项所述的方法, 其中, 所述第一储存器通过第三热传递流体的第三热传递回路热耦接至所述第一热力学回路的冷凝器。

69. 根据从属于权利要求64的权利要求68所述的方法, 其中, 所述第三热传递流体与所述第一热传递流体相同。

70. 根据权利要求43至69中任一项所述的方法, 其中, 所述第二储存器通过第四热传递流体的第四热传递回路热耦接至所述第二热力学回路的蒸发器。

71. 根据从属于权利要求66的权利要求70所述的方法, 其中, 所述第四热传递流体与所述第二热传递流体相同。

72. 根据权利要求43至71中任一项所述的方法, 其中, 所述热泵包括制冷剂的制冷回路。

73. 根据权利要求72的方法, 其中, 所述制冷回路包括制冷压缩机、制冷蒸发器、制冷冷凝器或气体冷却器、以及用于使制冷剂膨胀的制冷膨胀器件, 其中, 所述热泵的冷侧包括所述制冷蒸发器, 并且所述热泵的热侧包括所述制冷冷凝器或这气体冷却器。

74. 根据权利要求73的方法, 其中, 所述制冷膨胀器件包括制冷膨胀阀或制冷剂膨胀器。

75. 根据权利要求43至74中任一项所述的方法, 其中, 所述第一存储介质和/或所述第二存储介质包括在所述装置的所述充能模式、所述存储模式和所述释放模式中的任一者的操作期间不改变相的液体。

76. 根据权利要求75的方法, 其中, 所述装置包括用以搅动和/或再循环第一存储介质/第二存储介质的器件, 并且所述方法包括搅动和/或再循环所述第一存储介质/第二存储介质以在所述充能模式期间使所述第一储存器/第二储存器内的温度均匀化并抑制分层。

77. 根据权利要求43至76中任一项所述的方法, 其中, 所述第一储存器和/或所述第二储存器各自包括初级容器和次级容器。

78. 根据权利要求77的方法, 其中, 所述第一存储介质是液体, 并且所述方法包括: 当所述装置在所述充能模式下操作时将所述第一存储介质从初级第一容器传递到次级第一容器、以及当所述装置在所述释放模式操作时将所述第一存储介质从所述次级第一容器传递到所述初级第一容器。

79. 根据权利要求77或78所述的方法, 其中, 所述第二存储介质是液体, 并且所述方法包括: 当所述装置在所述充能模式下操作时将所述第二存储介质从初级第二容器传递到次

级第二容器、以及当所述装置以所述释放模式操作时将所述第二存储介质从所述次级第二容器传递到所述初级第二容器。

80. 根据权利要求43至79中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括布置在所述第一储热器和/或所述第二储热器中的一个或多个热交换器。

81. 根据权利要求43至80中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括附加的辅助热输出器件, 所述附加的辅助热输出器件布置成使得与其热连接的附加的辅助散热器能够有助于所述第一加压蒸气的冷凝。

82. 根据权利要求81所述的方法, 其中, 所述装置包括与所述附加的辅助热输出器件热连接的附加的辅助散热器, 并且所述方法包括使用所述附加的辅助散热器来帮助所述第一加压蒸气的冷凝。

83. 根据权利要求43至82中任一项所述的方法, 其中, 所述第一热力学回路包括单程热交换器, 并且所述方法包括当以第一释放模式操作所述装置时, 通过所述单程热交换器释放所述第一存储介质并允许所述第一存储介质随后分层。

84. 根据权利要求43至83中任一项所述的方法, 其中, 所述第二热力学回路包括单程热交换器, 并且所述方法包括当以第二释放模式操作所述装置时, 通过所述单程热交换器释放所述第二存储介质并允许所述第二存储介质随后分层。

85. 根据权利要求43至84中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括附加的能量存储器件, 所述附加的能量存储器件布置成独立于由所述第一膨胀器和所述第二膨胀器输出的能量而输出能量。

86. 根据权利要求85的方法, 其中, 所述附加的能量存储器件包括电容器、电池、飞轮或其它非热能或机械能存储器件。

87. 根据权利要求85或86所述的方法, 包括: 使用所述附加的能量存储器件来提供电能输出, 直到由第一释放模式和/或第二释放模式输出的能量达到预定量。

88. 根据权利要求43至87中任一项所述的方法, 包括: 在所述第一膨胀器和/或第二膨胀器中引入第一工作流体/第二工作流体之前驱动所述第一膨胀器和/或第二膨胀器。

89. 根据权利要求43至88中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括连接至所述第一膨胀器的输入的第一管道系统, 并且所述方法包括在第一释放模式的操作之前用气态第一工作流体对所述第一管道系统加压。

90. 根据权利要求43至89中任一项所述的方法, 其中, 所述装置包括连接至所述第二膨胀器的输入的第二管道系统, 并且所述方法包括在第二释放模式的操作之前用气态第二工作流体对所述第二管道系统加压。

91. 根据权利要求43至90中任一项所述的方法, 其中, 所述第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者包括朗肯循环、洛伦兹循环或卡林纳循环。

92. 根据权利要求43至91中任一项所述的方法, 包括: 在所述存储模式中, 使所述第一存储介质和第二存储介质中任一者或两者在-50℃和200℃之间或者在-30℃和100℃之间的温度下存储。

93. 一种大致如参考附图所描述的装置或方法。

## 热力学循环装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热力学循环装置和方法,所述热力学循环装置和方法尤其可以用于能量存储和/或废热存储以及将废热回收成有用的能量。

### 背景技术

[0002] 在发电领域,在任何给定的时间,电力供应和电力需求之间通常存在不匹配。

[0003] 作为示例,为了满足需求,通常更有效的是连续运行电站而不是间歇地运行它们。然而,考虑到对电能的需求持续波动(尤其是在需求大幅下降的夜晚),来自电站的电力供应可能经常超过需求水平。作为再一示例,可再生发电机由于可再生资源的不可预测性和可变性(例如风能、波浪能、太阳能强度等)而经常产生波动的能量水平,并且这种依赖于时间的输出很少与需求相匹配。因此,需要一种可以用于存储由发电机产生的能量(例如,当对这种能量的需求低时)、并且随后能够将存储的能量转换回电能(例如,当需求增加时)的能量存储系统。

[0004] 已知有几种能量存储系统,并且这些系统包括将电能转换成随后被存储以供以后使用的热能的系统。

[0005] 抽水蓄能水电(PSH)是目前大规模可用的最有效的能量存储解决方案。然而,PSH需要山和湖/水库,以便受益于其高循环效率。其它大规模能量存储解决方案已被提出,但它们通常需要其它地理上受限制的特征(例如盐洞)、复杂的低温设施和电池(不仅有限的有效寿命使其经济上是可疑的,而且还需要气候受控环境,这增加了寄生损耗并带来了重大的安全问题),或者具有与在使用寿命结束时的停用和有害物质处置相关的高昂成本。

[0006] 许多工业和商业过程产生热量的形式的废物能源。捕获这种废热并将其转换为可用能量的能力具有财经和环境效益。因此需要存储能量和/或捕获废热。

[0007] 本发明的某些实施例的目的是克服与现有技术相关的某些缺点。

[0008] 本发明的某些实施例的目的是存储能量和/或捕获废热并将废热转换成有用的能量。

### 发明内容

[0009] 根据本发明的一方面,提供了一种热力学循环装置,包括:

[0010] (i) 包含第一存储介质的第一储存器;

[0011] (ii) 包含第二存储介质的第二储存器;

[0012] (iii) 热泵,其具有热耦接至所述第一储存器以冷却所述第一存储介质的冷侧,以及热耦接至所述第二储存器以加热所述第二存储介质的热侧;

[0013] (iv) 第一工作流体的第一热力学回路,所述第一热力学回路包括:

[0014] 第一蒸发器,其用于蒸发所述第一工作流体以产生第一加压蒸气;

[0015] 第一膨胀器,其布置成使所述第一加压蒸气膨胀;以及

[0016] 第一冷凝器,其布置成冷凝接收自所述第一膨胀器的第一工作流体,并且将第一工作流体提供给所述第一蒸发器,所述第一冷凝器热耦接至所述第一储存器;

[0017] (v) 第二工作流体的第二热力学回路,所述第二热力学回路包括:

[0018] 第二蒸发器,其用于蒸发所述第二工作流体以产生第二加压蒸气,所述第二蒸发器热耦接至所述第二储存器;

[0019] 第二膨胀器,其布置成使第二加压蒸气膨胀;以及

[0020] 第二冷凝器,其布置成冷凝接收自所述第二膨胀器的第二工作流体,并且向所述第二蒸发器提供第二工作流体;

[0021] (vi) 辅助热输入器件,其热连接至所述第一热力学回路,使得辅助热能够有助于产生第一加压蒸气;以及

[0022] (vii) 辅助热输出器件,其热连接至所述第二热力学回路,使得第二工作流体能够将热量散失至辅助散热器;

[0023] 其中,所述第一热力学回路热独立于所述第二热力学回路,并且所述装置能够在充能模式、存储模式和释放模式下操作;

[0024] 其中,在充能模式下,热泵被赋能以冷却第一存储介质并加热第二存储介质;

[0025] 在存储模式下,冷却的第一存储介质存储在第一储存器中,并且加热的第二存储介质存储在第二储存器中;以及

[0026] 在释放模式下,第一加压蒸气通过所述第一膨胀器膨胀,和/或第二加压蒸气通过所述第二膨胀器膨胀。

[0027] 在某些实施例中,第一膨胀器和第二膨胀器中的任一者或两者可以包括涡轮机、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机或往复式发动机中的一个。附加地或替代地,第一膨胀器和第二膨胀器中的任一者或两者可以包括用于发电的膨胀器-发电机。

[0028] 第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者可以包括用于循环第一工作流体或第二工作流体的泵。第一冷凝器可以布置成经由第一热力学回路的泵向第一蒸发器提供第一工作流体,和/或第二冷凝器可以布置成经由第二热力学回路的泵向第二蒸发器提供第二工作流体。第一热力学回路的泵和/或第二热力学回路的泵可以选自:离心泵、滑动叶片泵、盖劳特泵、齿轮滚子泵、齿轮泵、膜片泵、活塞泵、柱塞泵、蠕动泵或凸轮泵。装置可以包括多个泵,其中,所述多个泵安装在公共轴上。第一膨胀器和第二膨胀器中任一者或两者可以安装在公共轴上,公共轴可以是泵中的一个或更多的公共轴。

[0029] 装置可以进一步包括辅助热源,其用于经由辅助热输入器件向第一热力学回路提供辅助热。辅助热源可以包括以下中的一者或更多者:外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、从空气调节或制冷系统排出的热量、周围水源、地面源、地热源、太阳能热源、太阳能池、生物活性热源、来自工业过程的废热、以及来自发电技术产生的废热。

[0030] 装置可以进一步包括辅助散热器,其用于经由辅助热输出器件从第二热力学回路接收热。辅助散热器可以包括以下中的一者或更多者:外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、周围水源、地面源和废冷源。

[0031] 第二热力学回路可以包括附加的辅助热输入器件,使得附加的辅助热能够有助于产生第二加压蒸气。装置可以进一步包括附加的辅助热源,其用于经由附加的辅助热输入器件向第二热力学回路提供附加的辅助热。

[0032] 装置可以进一步包括在第一蒸发器和第一膨胀器之间的第一过热器,第一过热器布置成使第一工作流体过热。

[0033] 装置可以进一步包括在第二蒸发器和第二膨胀器之间的第二过热器,第二过热器布置成使第二工作流体过热。

[0034] 装置可以进一步包括在第二冷凝器和第二蒸发器之间的预热器,预热器构造为加热第二工作流体。

[0035] 第一存储介质和第二存储介质中任一者或两者可以包括封装相变材料或未封装相变材料。

[0036] 热泵的冷侧可以通过第一热传递流体的第一热传递回路热耦接至第一储存器。第一存储介质可以包括未封装相变材料,并且第一热传递流体不会与第一存储介质混溶。

[0037] 热泵的热侧可以通过第二热传递流体的第二热传递回路热耦接至第二储存器。第二存储介质可以包括未封装相变材料,并且第二热传递流体不会与第二存储介质混溶。

[0038] 第一储存器可以通过第三热传递流体的第三热传递回路热耦接至第一热力学回路的冷凝器。第三热传递流体可以与第一热传递流体相同。

[0039] 第二储存器可以通过第四热传递流体的第四热传递回路热耦接至第二热力学回路的蒸发器。第四热传递流体可以与第二热传递流体相同。

[0040] 在某些实施例中,热泵可以包括制冷剂的制冷回路。制冷回路可以包括制冷压缩机、制冷蒸发器、制冷冷凝器或气体冷却器、以及用于使制冷剂膨胀的制冷膨胀器件,其中,热泵的冷侧包括制冷蒸发器,并且热泵的热侧包括制冷冷凝器或气体冷却器。制冷膨胀器件可以包括制冷膨胀阀或制冷剂膨胀器。

[0041] 第一存储介质和/或第二存储介质可以包括在装置的充能模式、存储模式和释放模式中的任一种的操作期间不改变相的液体。装置可以包括用以搅动和/或再循环第一存储介质以使第一储存器内的温度均匀化并抑制分层的器件、和/或包括用以搅动和/或再循环第二存储介质以使第二储存器内的温度均匀化并抑制分层的器件。

[0042] 第一储存器和/或第二储存器可以各自包括初级容器和次级容器。第一存储介质可以是当装置以充能模式操作时能从初级第一容器传递到次级第一容器以及当装置以释放模式操作时能从次级第一容器传递到初级第一容器的液体。第二存储介质可以是当装置以充能模式操作时能从初级第二容器传递到次级第二容器以及当装置以释放模式操作时能从次级第二容器传递到初级第二容器的液体。

[0043] 装置可以进一步包括布置在第一储存器和/或第二储存器中的一个或更多个热交换器。

[0044] 装置可以进一步包括布置成使得与其热连接的附加的辅助散热器可以有助于第一加压蒸气的冷凝的附加的辅助散热器件。装置可以进一步包括与附加的辅助散热器件热连接的附加的辅助散热器。

[0045] 装置可以进一步包括附加的能量存储器件,该能量存储器件布置成独立于第一膨胀器和第二膨胀器输出的能量而输出能量。附加的能量存储器件可以包括电容器、电池、飞轮或其它非电能或机械能存储器件。

[0046] 在某些实施例中,第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者可以包括朗肯循环、洛伦兹循环或卡林纳循环。

[0047] 第一存储介质和第二存储介质中任一者或两者可以构造为在-50℃和200℃之间或者在-30℃和100℃之间的温度下存储。

[0048] 根据本发明的另一方面,提供了一种操作热力学循环装置的方法,包括:(a)提供热力学循环装置,所述热力学循环装置包括:

[0049] (i) 包含第一存储介质的第一储存器;

[0050] (ii) 包含第二存储介质的第二储存器;

[0051] (iii) 热泵,其具有热耦接至所述第一储存器以冷却所述第一存储介质的冷侧,以及热耦接至所述第二储存器以加热所述第二存储介质的热侧;

[0052] (iv) 第一工作流体的第一热力学回路,所述第一热力学回路包括:

[0053] 第一蒸发器,其用于蒸发所述第一工作流体以产生第一加压蒸气;

[0054] 第一膨胀器,其布置成使所述第一加压蒸气膨胀;以及

[0055] 第一冷凝器,其布置成冷凝接收自第一膨胀器的第一工作流体并将第一工作流体提供给第一蒸发器,所述第一冷凝器热耦接至第一储存器;以及

[0056] (v) 第二工作流体的第二热力学回路,所述第二热力学回路包括:

[0057] 第二蒸发器,其用于蒸发所述第二工作流体以产生第二加压蒸气,所述第二蒸发器热耦接至所述第二储存器;

[0058] 第二膨胀器,其布置成使第二加压蒸气膨胀;以及

[0059] 第二冷凝器,其布置成冷凝接收自所述第二膨胀器的第二工作流体,并且向所述第二蒸发器提供第二工作流体;

[0060] (b) 通过给所述热泵赋能在充能模式下操作所述装置,以冷却所述第一存储介质并加热所述第二存储介质;

[0061] (c) 通过将冷却的第一存储介质存储在所述第一储存器中并将加热的第二存储介质存储在所述第二储存器中,以在存储模式下操作所述装置;

[0062] (d) 通过使用辅助热源在第一释放模式下操作所述装置,以在所述第一蒸发器中产生所述第一加压蒸气、利用所述第一膨胀器使所述第一加压蒸气膨胀以及在所述第一冷凝器中冷凝所述第一工作流体;以及

[0063] (e) 通过使用来自所述第二储存器的热量在第二释放模式下操作所述装置,以在所述第二蒸发器中产生所述第二加压蒸气、使所述第二加压蒸气膨胀以及使用辅助散热器在所述第二冷凝器中冷凝所述第二工作流体;

[0064] 其中,步骤(d)和(e)能够同时和彼此独立地进行。

[0065] 第一膨胀器和第二膨胀器中任一者或两者可以包括涡轮机、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机或往复式发动机中的一个,其中,涡轮机可以可选地是径向涡轮机、轴向涡轮机或脉冲涡轮机。

[0066] 第一膨胀器和第二膨胀器中任一者或两者可以包括用于生成电力的膨胀器-发电机。

[0067] 第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者可以包括用于使第一工作流体或第二工作流体循环的泵。

[0068] 该方法可以包括使用第一热力学回路的泵将第一工作流体从第一冷凝器提供至第一蒸发器、和/或使用第二热力学回路的泵将第二工作流体从第二冷凝器提供至第二蒸

发器。第一热力学回路的泵和/或第二热力学回路的泵可以选自：离心泵、滑动叶片泵、盖劳特泵、齿轮滚子泵、齿轮泵、膜片泵、活塞泵、柱塞泵、蠕动泵或凸轮泵。装置可以包括多个泵，其中，所述多个泵安装在公共轴上。第一膨胀器和第二膨胀器中任一者或两者可以安装在公共轴上，其可以包括或不包括泵中的一个或多个。

[0069] 装置可以包括辅助热源，其用于经由辅助热输入器件向第一热力学回路提供辅助热。辅助热源可以包括以下中的一个或多个：外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、空气调节或制冷系统排出的热量、周围水源、地面源、地热源、太阳能热源、太阳能池、生物活性热源、来自工业过程的废热、以及来自发电技术的废热。

[0070] 装置可以包括辅助散热器，并且方法包括使用辅助散热器经由辅助热输出器件从第二热力学回路接收热。辅助散热器可以包括以下中的一个或多个：外部周围空气源、来自建筑物内部的空气源、周围水源、地面源和废冷源。第二热力学回路可以包括附加的辅助热输入器件，使得附加的辅助热能够有助于产生第二加压蒸气。装置可以包括附加的辅助热源，并且方法可以包括使用来自辅助热源的热量来帮助在充能模式、存储模式、第一释放模式和第二释放模式中的任一者中产生第二加压蒸气。

[0071] 装置可以包括在第一蒸发器和第一膨胀器之间的第一过热器，并且方法可以包括使用第一过热器来使第一工作流体过热。

[0072] 装置可以包括在第二蒸发器和第二膨胀器之间的第二过热器，并且方法可以包括使用第二过热器来使第二工作流体过热。

[0073] 装置可以包括在第二冷凝器和第二蒸发器之间的预热器，并且方法可以包括使用预热器来加热第二工作流体。

[0074] 第一存储介质和第二存储介质中任一者或两者可以包括封装相变材料或未封装相变材料。

[0075] 第一存储介质可以包括未封装的材料，并且方法可以包括在充能模式的操作结束时将第一存储介质存储为浆料或可裂解固体。

[0076] 第二存储介质可以包括未封装的材料，并且方法可以包括在第二释放模式的操作结束时将第二存储介质存储为浆料或可裂解固体。

[0077] 热泵的冷侧可以通过第一热传递流体的第一热传递回路热耦接至第一储存器。第一存储介质可以包括未封装相变材料，并且第一热传递流体不会与第一存储介质混溶。

[0078] 热泵的热侧可以通过第二热传递流体的第二热传递回路热耦接至第二储存器。第二存储介质可以包括未封装相变材料，并且第二热传递流体不会与第二存储介质混溶。

[0079] 第一储存器可以通过第三热传递流体的第三热传递回路热耦接至第一热力学回路的冷凝器。第三热传递流体可以与第一热传递流体相同。

[0080] 第二储存器可以通过第四热传递流体的第四热传递回路热耦接至第二热力学回路的蒸发器。第四热传递流体可以与第二热传递流体相同。

[0081] 在某些实施例中，热泵可以包括制冷剂的制冷回路。制冷回路可以包括制冷压缩机、制冷蒸发器、制冷冷凝器或气体冷却器、以及用于使制冷剂膨胀的制冷膨胀器件，其中，热泵的冷侧包括制冷蒸发器，并且热泵的热侧包括制冷冷凝器或这气体冷却器。制冷膨胀器件可以包括制冷膨胀阀或制冷剂膨胀器。

[0082] 第一存储介质和/或第二存储介质可以包括在装置的充能模式、存储模式和释放

模式中的任一者的操作期间不改变相的液体。

[0083] 装置可以包括用以搅动和/或再循环第一/第二存储介质的器件,并且方法可以包括搅动和/或再循环第一存储介质/第二存储介质以使第一储存器/第二储存器内的温度在充能模式期间均匀化并抑制分层。

[0084] 第一储存器和/或第二储存器可以各自包括初级容器和次级容器。

[0085] 在某些实施例中,第一存储介质可以是液体,并且方法可以包括当装置在充能模式下操作时将第一存储介质从初级第一容器传递到次级第一容器,以及当装置以释放模式操作时将第一存储介质从次级第一容器传递到初级第一容器。

[0086] 在某些实施例中,第二存储介质可以是液体,并且方法可以包括当装置在充能模式下操作时将第二存储介质从初级第二容器传递到次级第二容器,以及当装置以释放模式操作时将第二存储介质从次级第二容器传递到初级第二容器。

[0087] 装置可以包括布置在第一储存器和/或第二储存器中的一个或多个热交换器。

[0088] 装置可以包括附加的辅助热输出器件,其布置成使得与其热连接的附加的辅助散热器可以有助于第一加压蒸气的冷凝。装置可以包括与附加的辅助热输出器件热连接的附加的辅助散热器,并且方法可以包括使用附加的辅助散热器来促进第一加压蒸气的冷凝。

[0089] 第一热力学回路可以包括单程热交换器,并且方法可以包括:当以第一释放模式操作装置时,通过单程热交换器释放第一存储介质并允许第一存储介质随后分层。

[0090] 第二热力学回路可以包括单程热交换器,并且方法可以包括:当以第二释放模式操作装置时,通过单程热交换器释放第二存储介质并允许第二存储介质随后分层。

[0091] 装置可以包括附加的能量存储器件,该附加的能量存储器件布置成独立于由第一膨胀器和第二膨胀器输出的能量而输出能量。附加的能量存储器件可以包括电容器、电池、飞轮或其它非电能或机械能存储器件。

[0092] 该方法可以包括使用附加的能量存储器件提供电能输出,直到由第一释放模式和/或第二释放模式输出的能量达到预定量。

[0093] 该方法可以包括:在第一膨胀器和/或第二膨胀器中引入第一工作流体/第二工作流体之前驱动第一膨胀器和/或第二膨胀器。

[0094] 该装置可以包括连接至第一膨胀器的输入的第一管道系统,并且该方法可以包括在第一释放模式的操作之前用气态第一工作流体对第一管道系统加压。

[0095] 该装置可以包括连接至第二膨胀器的输入的第二管道系统,并且该方法可以包括在第二释放模式的操作之前用气态第二工作流体对第二管道系统加压。

[0096] 第一热力学回路和第二热力学回路中任一者或两者可以包括朗肯循环、洛伦兹循环或卡林纳循环。

[0097] 该方法可以包括:在存储模式中,以在-50℃和200℃之间或者在-30℃和100℃之间的温度存储第一存储介质和第二存储介质中任一者或两者。

## 附图说明

[0098] 下面参照附图进一步描述本发明的实施例,在附图中:

[0099] 图1是根据本发明一实施例的热力学循环装置的示意图;

[0100] 图2是根据本发明一替代实施例的热力学循环装置的示意图;

- [0101] 图3是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的详细图示；  
[0102] 图4是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的详细图示；  
[0103] 图5是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的详细图示；  
[0104] 图6是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的详细图示；  
[0105] 图7是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的详细图示；  
[0106] 图8是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的详细图示；  
[0107] 图9是根据本发明再一实施例的热力学循环装置的示意图；以及  
[0108] 图10是可以由本发明的实施例使用的电力电子器件的示意图。

## 具体实施方式

[0109] 在图1中示意性地示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置100。热力学循环装置100包括：第一储存器2，其包含第一存储介质；第二储存器3，其包含第二存储介质；以及热泵1，其具有热耦接至第一储存器2以冷却第一存储介质的冷侧，以及热耦接至第二储存器3以加热第二存储介质的热侧。

[0110] 如下面关于本发明的另外的实施例(如图3至图8中所示)所描述的，热泵1可以是制冷回路，其包括制冷压缩机19、制冷蒸发器20、制冷冷凝器21和制冷膨胀器件，制冷膨胀器件可以是膨胀阀22(或制冷剂膨胀器)的形式并且包含制冷剂。在这类实施例中，热泵1的冷侧可以包括制冷蒸发器20，并且热泵1的热侧可以包括制冷冷凝器21。在替代实施例中，热泵1可以包括替代的合适的热泵，而不必局限于本文中参考附图描述的特定热泵。例如，上述制冷回路的制冷冷凝器21可以是气体冷却器。

[0111] 热力学循环装置100进一步包括第一工作流体23的第一热力学回路4以及第二工作流体24的第二热力学回路5。

[0112] 第一热力学回路4包括第一蒸发器9、第一膨胀器6和第一冷凝器7。在图中所示的非限制性实施例中，第一热力学回路4包括用于泵送第一工作流体23的第一泵8。然而，在替代实施例中，可以提供用于使第一工作流体23循环以及在第一工作流体23中产生压力差的其它器件。第一蒸发器9布置成蒸发第一工作流体23以产生第一加压蒸气。第一膨胀器6布置成接收并膨胀第一加压蒸气。在某些实施例中，第一膨胀器6可以是能够生成电能的膨胀器发电机(expander generator)。在替代实施例中，第一膨胀器6可以布置成向其它部件(例如，轴)提供机械功。在某些实施例中，第一膨胀器6可以是轴向涡轮机、径向涡轮机、脉冲涡轮机(或其它类型的涡轮机)、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机或往复式发动机。第一冷凝器7布置成冷凝接收自第一膨胀器6的第一工作流体并将第一工作流体23提供给第一蒸发器9(在图1中所示的实施例中，经由第一泵8)，从而完成第一热力学回路4。第一冷凝器7热耦接至第一储存器2，但是第一工作流体23不同于包含在第一储存器2中的第一存储介质。

[0113] 第二热力学回路5包括第二蒸发器14、第二膨胀器11和第二冷凝器12。在图中所示的非限制性实施例中，第二热力学回路5包括用于泵送第二工作流体24的第二泵13。然而，在替代实施例中，可以提供用于使第二工作流体24循环并在第二工作流体24中产生压力差的其它器件。第二蒸发器14布置成蒸发第二工作流体24以产生第二加压蒸气。第二蒸发器14热耦接至第二储存器3，但是第二工作流体24不同于包含在第二储存器3中的第二存储介

质。第二膨胀器11布置成接收并膨胀第二加压蒸气。在某些实施例中,第二膨胀器11可以是能够产生电能的膨胀器发电机。在替代实施例中,第二膨胀器11可以布置成向其它部件(例如,轴)提供机械功。在某些实施例中,第二膨胀器11可以是径向涡轮机、轴向涡轮机、脉冲涡轮机(或其它类型的涡轮机)、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机或往复式发动机。第二冷凝器12布置成冷凝接收自第二膨胀器11的第二工作流体24,并将第二工作流体24提供给第二蒸发器14(在图1中所示的实施例中,经由第二泵13)。

[0114] 图1的热力学循环装置100包括辅助热源10,辅助热源10经由辅助热输入器件热连接至第一热力学回路4,使得辅助热可以从辅助热源传送到第一工作流体23并且有助于产生第一加压蒸气。辅助热源10提供能量以蒸发第一工作流体23。在某些实施例中,辅助热源10可以是丰富且可自由获得的热源,其可以可选地是周围或环境热源,比如空气、来自建筑物或住宅内的空气、河流的流动、源自运河水、源自地面源、太阳能池、水库和湖泊等、从现有的空气调节或制冷回路排出的热量、或非常低等级的废热。一旦从辅助热源10提取热量,所产生的冷却可以用于冷却建筑物或住宅的内部。例如,如果辅助热源10是来自建筑物或住宅内部的空气,则可以从空气中提取热量,并且冷却的空气可以返回到建筑物或住宅的内部,从而用作空气调节系统。

[0115] 此外,图1的热力学循环装置100包括辅助散热器15,辅助散热器15经由辅助热输出器件热连接至第二热力学回路5,使得第二工作流体24可将热量散失到辅助散热器15。辅助热输入器件和/或辅助热输出器件可以是用于相应地在第一工作流体23和第二工作流体24与辅助热源10和辅助散热器15之间传递热能的热交换器或任何其它合适的器件。辅助散热器15提供用于在第二工作流体24离开第二膨胀器11之后从第二工作流体24排出热量的手段,其中这种热损失(至少部分地)有助于第二工作流体24的冷凝。在某些优选实施例中,辅助散热器15理想地具有尽可能低的温度,并且具有较大的吸收热量的能力。合适的辅助散热器15的示例包括但不限于周围或环境热源,比如空气、来自建筑物或住宅内部的空气、河流的流动、运河水源、地面源以及水库和湖泊等。在来自建筑物或住宅内部的空气用作辅助散热器15的实施例中,空气随后被加热并且可以返回到建筑物或住宅以在其中提供加热。在这类实施例中,装置100可以部分地用作建筑物或住宅的空间加热器。

[0116] 在某些实施例中,第一热力学回路4热独立于第二热力学回路5至使得不提供在它们之间交换热量的器件的程度。

[0117] 热力学循环装置100可在充能模式(charging mode)、存储模式和释放模式(discharge mode)下操作。在充能模式下,热泵1被赋能以冷却第一存储器2中的第一存储介质并加热第二存储器3中的第二存储介质。也就是说,提供能量(例如,电的和/或机械的)以操作热泵1。提供给热泵1的能量是由装置100存储的能量。在存储模式下,冷却的第一存储介质存储在第一存储器中,并且加热的第二存储介质存储在第二存储器中。第一存储器2和/或第二存储器3可以是绝热的,以在存储模式期间减少其热损失。在释放模式下,第一加压蒸气通过第一膨胀器6膨胀,和/或第二加压蒸气通过第二膨胀器11膨胀。因此,能量可以在充能模式下输入到热力学循环装置100,在存储模式下存储,并且在需要时通过操作第一膨胀器6和第二膨胀器11中任一者或两者以释放模式释放。也就是说,第一释放模式可以允许第一存储器2的释放(操作第一热力学回路4,并且具体地是第一膨胀器6),并且第二释放模式可以允许第二存储器的释放(操作第二热力学回路5,并且具体地是操作第二膨胀器

11),其中第一释放模式和第二释放模式可以一起操作或彼此分开操作。如果第一膨胀器6和/或第二膨胀器11是膨胀器发电机,则可以从装置100回收电能。在替代实施例中,能量可以以不同形式(例如,机械能)回收。

[0118] 第一冷凝器7和第一储存器2之间的热耦接导致第一热力学回路4的较低温度由第一储存器2的温度决定。由于第一储存器2在充能模式下由热泵1冷却,因此冷的第一储存器2在第一释放模式下辅助第一工作流体23的冷凝。辅助热源10提供用于蒸发第一工作流体23的能量,并且在图1的实施例中,决定第一热力学回路4的较高温度。

[0119] 第二储存器3和第二蒸发器14之间的热耦接允许热量从第二储存器3传递到第二蒸发器14,以当在第二释放模式下操作时协助第二工作流体24的蒸发。在图1中所示的实施例中,第二热力学回路5的较高温度将由第二储存器3的温度决定(当在充能模式下操作时,其将由热泵1增加)。第二热力学回路5的较低温度由辅助散热器15决定。

[0120] 第一热力学回路4和/或第二热力学回路5可以包括用于允许任何合适的热力学循环的操作的回路,包括但不限于朗肯循环、洛伦兹循环或卡林纳循环。

[0121] 图2示出了根据本发明一替代实施例的图1的热力学循环装置100的变型200。图2的装置200与图1的装置100相同,但另外包括第一过热器16、第二预热器17和第二过热器18。

[0122] 第一过热器16在第一热力学循环4中设置在第一蒸发器9和第一膨胀器6之间。第一过热器16布置成在第一工作流体23离开第一蒸发器9之后并且在第一工作流体23被第一膨胀器6膨胀之前向第一工作流体23提供热量。由第一过热器16提供的热量可以是废热或来自次级热源。

[0123] 第二预热器17在第二热力学回路5中设置在第二冷凝器12和第二蒸发器14之间(更具体地,在第二泵13和第二蒸发器14之间)。第二预热器17布置成在第二工作流体24进入第二蒸发器14之前预热第二工作流体24。第二预热器17可以利用废热或者是次级热源。

[0124] 第二过热器18在第二热力学回路5中设置在第二蒸发器14和第二膨胀器11之间。第二过热器18布置成在第二工作流体24离开第二蒸发器14之后并且在第二工作流体24被第二膨胀器11膨胀之前加热第二工作流体24。由第二过热器18提供的热量可以是废热或来自次级热源。

[0125] 下面参考图3至图9描述了根据本发明的再一些实施例。在所有描述的实施例中,相同的附图标记对应于相同的部件和特征。

[0126] 图3示出了根据本发明一实施例的热力学循环装置300。在图3的实施例中,封装相变材料(PCM)相应地用作第一储存器2和第二储存器3中的第一存储介质和第二存储介质。当PCM从液相变为固相或相反时,PCM能够以相对恒定的温度存储或放出热量。

[0127] 第一储存器3中的第一(“冷侧”)PCM是封装相变材料,使得第一工作流体23不直接与PCM接触,并且在操作期间PCM不被冲洗出第一储存器2。封装以允许第一工作流体23与PCM材料良好热接触(例如,多个封装的球体、平板、管堆、蜂窝等)、并且在操作期间不会显著阻碍第一工作流体23流动通过第一储存器2的方式构造。在该实施例中,第一储存器2还用作第一冷凝器7。

[0128] 在以充能模式操作之前,设置阀27以在第一泵8操作时将第一工作流体23从第一储存器2转移到制冷蒸发器20。如果第一储存器2在其先前操作期间完全释放(即,通过第一

释放模式的操作),则冷侧PCM在该阶段将完全是液体,并且将优选地处于其熔点温度,但是在一些构造中,其可以是略高于熔点。

[0129] 第二储存器3中的第二(“热侧”)PCM是封装相变材料,使得第二工作流体24不直接与PCM接触,并且在操作期间PCM不被传递出第二储存器3。封装以允许第二工作流体24与PCM材料良好热接触(例如,多个封装的球体、平板、管堆、蜂窝等)、并且在操作期间不显著阻碍第二工作流体24流动通过第二储存器3的方式构造。在该实施例中,第二储存器3还用作第二蒸发器14。

[0130] 在以充能模式操作之前,可以打开可选的隔离阀40和42(如果存在的话),并且可以关闭可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。可选的三通阀32和33可以设置成将第二工作流体24从第二储存器3仅转移到制冷冷凝器21,或者如果还要经由热交换器31利用一些附加的热源,则转移到合适的位置(当操作泵29以使第二工作流体24循环时)。如果第二储存器3在其先前操作期间完全释放(即,通过第二释放模式的操作)并且之后没有经由热交换器31增加附加的热量,则热侧PCM在该阶段将完全是固态的。热侧PCM将优选处于其熔点温度,但在一些构造中其可以略低于熔点。

[0131] 当在充能模式下操作时,热泵1连接至电能或机械能供应并且被赋能以驱动制冷压缩机19。这使得热泵1内的气态制冷剂加压并在进入制冷冷凝器21之前升高其温度。因此,热量被供应到通过泵29循环通过制冷冷凝器21的另一侧的第二工作流体24。通过向第二工作流体24释放热量,制冷剂冷凝成液相。然后液相制冷剂进入膨胀阀22,这降低了其压力,并相应地降低了其沸点。进入制冷剂蒸发器20的制冷剂在从经由泵8循环通过制冷剂蒸发器20的另一侧的第一工作流体23提取热量时沸腾。

[0132] 装置300以充能模式操作,直到优选地(但并不是必须的)所有冷侧PCM都固化。这可以通过当从第一工作流体23提取的热量不再来自冷侧PCM的熔化潜热时第一工作流体23的显著下降的温度检测到。

[0133] 可以调整第二储存器3中的热侧PCM的质量,使得当所有冷侧PCM固化时,所有热侧PCM同时熔化,但这不是必需的。在某些实施例中(例如,为了允许可选的从备用源回收和存储废热),在不以任何方式影响系统性能的情况下,热侧PCM的质量可以超过这种“调整”值。

[0134] 在某些实施例中,充能模式可以在所有冷侧PCM变为固体的点处或之前停止操作,使得没有能量被用于向冷侧PCM提供“可感知的冷却”。这样,可在热泵1中保持固定的温度差以及因而在性能系数,从而使得能够围绕单个操作点优化热泵1的设计和制冷剂的选择。

[0135] 当装置300在存储模式下操作时,热泵1不工作,第一热力学回路4中的任何部件也不工作。

[0136] 如果装置300纯粹作为能量存储系统操作而没有附加的热源的回收,则第二热力学回路5中的任何部件都将不操作。

[0137] 如果存在可用的附加的热源,则可以通过将可选的三通阀32和33设定到使得泵29的操作使第二工作流体24转移通过热交换器31的位置以在存储模式操作期间利用连续的或者间歇的热源,来连续地对第二储存器3进行充能。

[0138] 系统的冷侧和热侧的释放可根据当地的电力需求独立地或同时地进行。也就是说,第一释放模式可以允许第一储存器2的释放,并且第二释放模式可以允许第二储存器3的释放。第一膨胀器6和第二膨胀器11可以在相应的释放模式操作之前处于休眠状态,或者

它们可以被发动使得它们相应地在引入第一工作流体23和第二工作流体24之前处于操作速度。一些应用可能需要瞬时电力,并且这可以通过使用电容存储器53来提供,电容存储器53可以包括在驱动/电力电子器件(power electronics)52中以提供瞬时供应(参见图10)。在替代实施例中,可以提供其它附加的非热能存储器件,其可以例如是机械的或电的。例如,附加的非热能存储器件可以是飞轮或电池。

[0139] 在第一释放模式的操作之前,三通阀27定位成使得泵8的操作使第一工作流体23转移通过第一蒸发器9。

[0140] 在第一释放模式的操作时,泵8将第一工作流体23从第一储存器2泵送到第一蒸发器9中,在第一蒸发器9中,第一工作流体被热源加热并蒸发。在某些非限制性实施例中,热连接至第一蒸发器9的热源可以是周围热源(ambient heat source)或环境热源。然后,第一工作流体23通过可选的热交换器36(如果存在的话),以接收来自第二工作流体24的在第二工作流体24离开第二膨胀器11时的任何剩余热(如果第二释放模式也在运行)。这可以进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者可以替代地在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入热交换器36而升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学上有利的話)。

[0141] 在进入第一膨胀器6之前,如果存在可用的附加的热源30,则第一工作流体23可以通过可选的热交换器16。这可以进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者可以替代地在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入热交换器16而升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学上有利的話)。

[0142] 气态第一工作流体23进入第一膨胀器6,并且由于整个第一膨胀器6中的压力差(由第一储存器2中的冷凝压力和用于蒸发第一工作流体23的热源设定),当第一工作流体23膨胀时,第一工作流体23驱动第一膨胀器6,从而将从第一蒸发器9(和可选的热交换器36和16)中的热源提取的能量转换成电能或机械能。

[0143] 第一工作流体23以气体状态离开第一膨胀器6并返回到第一储存器2,在第一储存器2中,第一工作流体23与封装的冷侧PCM发生接触并在PCM吸收如此做所需的潜热时冷凝。当第一储存器2释放时,该过程逐渐熔化冷侧PCM。

[0144] 可以操作第一释放模式以部分地或完全地熔化冷侧PCM,并且仍然允许下一次充能模式操作在冷侧PCM仍然处于其冰点温度的情况下开始。替代地,如果仍然能够产生足够的能量,则可能优选的是继续操作第一释放模式直到所有冷侧PCM熔化之后。这意味着热泵1将在下一次充能模式操作期间在一定的温度范围内运行。无论哪种方式,可以通过测量第一工作流体23在第一储存器2中或离开第一储存器2的温度上升来获得冷侧PCM已经完全熔化的指示。

[0145] 在操作第二释放模式之前,可以打开可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。如果在第二释放模式的操作期间经由热交换器31没有可获得的附加的热量输入,则可以关闭可选的隔离阀40和42(如果存在的话)。如果存在附加的热源,则可以通过控制可选的三通阀32和33来连续地对第二储存器3充能。具体而言,可选的三通阀32和33可以设定到使得泵29的操作使第二工作流体24转移通过热交换器31(可选的隔离阀40和42可以保持打开)的位置。这在第二释放模式的操作期间利用了连续的(可选的)热源,因此允许在不操作热泵1的情况下同时对第二储存器3进行充能和释放。

[0146] 在第二释放模式操作时,阀41的打开在第二储存器3中产生压降,其中第二工作流体24已经在由热侧PCM的熔点温度(或接近该熔点温度的温度)设定的压力下以饱和状态存储。以这种方式降低压力促使第二工作流体24沸腾,并且因此从热侧PCM提取热量,以解决第二工作流体24的蒸发所需的潜热。

[0147] 在离开第二储存器3和进入第二膨胀器11之间,如果存在可用的附加的热源,则气态第二工作流体24可以通过可选的热交换器18。这可以进一步加热气态第二工作流体24(例如,增加过热),或者可以替代地用于在进入第二膨胀器11之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器18来升高蒸发第二工作流体24的温度(如果热力学有利的话)。

[0148] 气态第二工作流体24进入第二膨胀器11,并且由于第二膨胀器11中的压力差(由第二冷凝器12中的第二工作流体24的冷凝压力和用于蒸发第二工作流体24的热源设定),当第二工作流体24膨胀时,第二工作流体24驱动第二膨胀器11,并将从第二储存器3(和可选的热交换器18)提取的能量转换成电能或机械能。

[0149] 在离开第二膨胀器11时,第二工作流体24仍然是气态的并且可以进入可选的热交换器36,在热交换器36中,第二工作流体24可以交换对第一工作流体23在热力学上有利的任何剩余热(如果第一释放模式也在运行的话)。在第一热力学回路4热独立于第二热力学回路5的实施例中不存在可选的热交换器36。

[0150] 然后,第二工作流体24进入第二冷凝器12(用作辅助热输出器件),在第二冷凝器12中,第二工作流体24被辅助散热器15冷凝。

[0151] 替代地,如果在热力学上是有利的,则装置300可构造为使得第二工作流体24在可选的热交换器36中冷凝,然后在第二冷凝器12中过冷。

[0152] 然后将冷凝的热侧工作流体24吸入泵13的抽吸侧,并经由可选的热交换器17泵送回热侧热储存器3,在热交换器17中,替代/废热源30(如果存在可用的话)可以预热工作流体24。随着热侧工作流体24在蒸发时从热侧PCM吸收热量,该过程继续逐渐地固化热侧PCM。

[0153] 第二释放模式的操作可进行,以部分地或完全地固化热侧PCM,并且仍然允许下一次充能模式的操作在热侧PCM仍处于其熔点温度的情况下开始,或者在一些情形中,如果仍然能够产生可感知的能量,则可能优选的是,操作第二释放模式直到所有热侧PCM固化的点之后。后一选择意味着热泵1将在下一次充能模式的操作期间在一定的温度范围内运行。在任何情况下,可以通过第二工作流体24在第二储存器3中或离开第二储存器3的可测量的温度下降来提供热侧PCM已完全固化的指示。

[0154] 图4示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置400。

[0155] 第一热传递流体25用于在热泵1和第一储存器2、以及第一储存器2和第一冷凝器7之间的热耦接和热交换。此外,第二热传递流体28用于在热泵1和第二储存器3、以及第二储存器3和第二蒸发器14之间的热耦接和热交换。第一热传递流体25和第二热传递流体28形成热传递回路。在替代实施例中,可利用一个或更多个单独的热传递回路(例如,每个具有单独的热传递流体)来热耦接热泵1和第一储存器2、第一储存器2和第一冷凝器7、热泵1和第二储存器3、以及第二储存器3和第二蒸发器14中的任一个。

[0156] 第一储存器2中的冷侧PCM是封装相变材料,使得第一热传递流体25不直接与PCM发生接触,并且在操作期间PCM不会被冲洗出第一储存器2。

[0157] 封装以允许第一热传递流体25与PCM材料良好热接触(例如,多个封装的球体、平

板、管堆、蜂窝等)、并且在操作期间不会显著阻碍第一热传递流体25流动通过第一存储器2的方式构造。

[0158] 在以充能模式操作之前,阀27设定成在泵26运行时将第一传递流体25从第一存储器2转移到热泵蒸发器20。冷侧PCM在此阶段将完全是液体(如果第一存储器2在先前的释放模式操作期间——即,在第一释放模式的操作期间——完全释放),并且优选地将处于其熔点温度,尽管在某些构造中可以略高于熔点。

[0159] 第二存储器3中的热侧PCM是封装PCM,使得第二热传递流体28不与PCM发生直接接触,并且在操作期间PCM不会被冲洗出第二存储器3。封装以允许第二热传递流体28与PCM材料良好热接触(例如,多个封装的球体、平板、管堆等)、并且在操作期间不会显著阻碍第二热传递流体28流动通过第二存储器3的方式构造。

[0160] 在充能模式下操作之前,可以打开可选的隔离阀40和42(如果存在的话),并且可以关闭可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。可选的三通阀32和33设定成当泵29运行时将第二热传递流体28从第二存储器3仅转移到制冷冷凝器21,或者如果还要经由热交换器31使用一些附加的热源,则传递到合适的位置。热侧PCM在该阶段将完全是固态的(如果第二存储器3在先前的释放模式操作期间——即,在第二释放模式的操作期间——完全释放),并且之后没有经由热交换器31增加附加的热量。热侧PCM优选处于其熔点温度,但在一些构造中其可以略低于熔点。

[0161] 当在充能模式下操作时,热泵1被赋能(例如连接至电能供应或机械能供应)以驱动制冷压缩机19。这在进入制冷冷凝器21之前加热并加压热泵1内的气态制冷剂。因此,热量被供应到经由泵29循环通过制冷冷凝器21的另一侧的第二热传递流体28。向第二热传递流体28放出热量将热泵制冷剂冷凝成液相,然后热泵制冷剂进入膨胀阀22,这会降低其压力,并且相应地降低其沸点。进入制冷蒸发器20的制冷剂在其从经由泵26循环通过制冷蒸发器20的另一侧的第一热传递流体25提取热量时沸腾。

[0162] 充能模式的操作可以优选地(尽管不是必须)继续,直到所有冷侧PCM固化为止。这可以通过当从第一存储器2提取的热不再来自冷侧PCM的熔化潜热时第一热传递流体25的显著下降的温度检测到。

[0163] 在某些优选实施例中,可以调整第二存储器3中的热侧PCM的质量,使得实现所有冷侧PCM都固化的情况与所有热侧PCM都熔化的情况一致。实际上,并且为了允许可选的从备选源回收废热,在不以任何方式影响系统性能的情况下,热侧PCM的质量可以超过该调整值。

[0164] 在某些实施例中,充能模式的操作在所有冷侧PCM变为固态的点处或之前停止,使得没有能量用于向冷侧PCM提供“可感知的冷却”。这样,可在热泵1上保持固定的温差以及因而是性能系数,从而允许热泵设计和制冷剂选择围绕单个操作点进行优化。

[0165] 在某些实施例中,在存储模式的操作期间,可以不操作热泵1,也不操作第一热力学回路4中的任何部件。

[0166] 如果装置400纯粹作为能量存储系统运行而没有附加的热源的回收,则也不需要操作第二热力学回路5中的任何部件。

[0167] 如果存在可用的附加的热源,则可以通过将可选的三通阀32和33设置到使得泵29的操作使第二热传递流体25转移通过热交换器31的位置以在充能模式操作期间利用连续

的或间歇的热源,来连续地对第二存储器3进行充能。

[0168] 与以上关于图3描述的实施例一样,第一热力学回路4和第二热力学回路5的释放可根据当地的能量要求独立地或同时地完成。也就是说,第一释放模式可以允许第一热力学回路4的释放,并且第二释放模式可以允许第二热力学回路5的释放。第一膨胀器6和第二膨胀器11可以在释放模式操作之前处于休眠状态,或者它们可以被发动使得它们在引入第一工作流体23和第二工作流体24之前处于操作速度。在可能需要瞬时能量的实施例中,电容存储器53可以包括在驱动/电力电子器件52中以提供瞬时供应(参见图10)。在替代实施例中,可以提供其它附加的非热能存储器件,其可以例如是机械的或电的。例如,附加的非热能存储器件可以是飞轮或电池。

[0169] 在第一释放模式的操作之前,三通阀27定位成使得泵26的操作使第一热传递流体25转移通过第一冷凝器7。

[0170] 在第一释放模式的操作时,泵8将第一工作流体23泵送到第一蒸发器9中,在第一蒸发器9中,第一工作流体23通过热源被加热并蒸发。在某些非限制性实施例中,热源可以是周围热源。然后,第一工作流体23通过可选的热交换器36,以从第二工作流体24拾取在第二工作流体24离开第二膨胀器11时的任何余热(如果第二释放模式正在操作)。这进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者替代地可用于在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器36来升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学有利的话)。

[0171] 在进入第一膨胀器6之前,如果存在可用的附加的热源30,则第一工作流体23可以通过可选的热交换器16。这进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者替代地可用于在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器16来升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学有利的话)。

[0172] 气态第一工作流体23进入第一膨胀器发电机6,并且由于第一冷凝器7中的冷凝压力和用于蒸发第一工作流体23的热源设定的膨胀器中的压力差,当第一工作流体23膨胀时,第一工作流体23驱动膨胀器发电机6,从而将从第一蒸发器9(和可选的热交换器36和16)中的热源提取的能量转换为电能或机械能。

[0173] 第一工作流体23在仍处于气体状态时离开第一膨胀器6并进入第一冷凝器7。泵26将第一热传递流体25从第一存储器2泵送到第一冷凝器7中。这使得第一工作流体23与第一存储器2热接触,这在第一热传递流体25从第一工作流体23吸收热量时冷凝第一工作流体23。然后,冷凝的第一工作流体23可以可选地首先进入缓冲存储器37(如果存在的话),并且然后进入泵8,或者再次直接吸入到泵8中以使循环继续。离开第一冷凝器7的第一热传递流体25返回到第一存储器2,在第一存储器2中,当第一释放模式操作时,第一热传递流体25与冷侧PCM进行热交换,从而使冷侧PCM逐渐熔化。

[0174] 第一释放模式的操作可进行以部分地或完全地熔化冷侧PCM,并且在冷侧PCM仍处于其冰点温度的情况下还允许下一次充能模式的操作开始。替代地,在一些实施例中,如果仍然能够产生可感知的能量,则可能优选的是操作第一释放模式直到所有冷侧PCM都熔化的情况之后,这意味着热泵1将在下一次充能模式的操作期间在一定的温度范围内操作。在任何情况下,可以通过第一存储器2中或离开第一存储器2的第一热传递流体25的温度的可测量升高来提供冷侧PCM已完全熔化的指示。

[0175] 在操作第二释放模式之前,可以打开可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。如果在第二释放模式的操作期间经由热交换器31没有可获得的附加的热量输入,则可以关闭可选的隔离阀40和42(如果存在的话)。如果存在可用的附加的热源,则可以通过将可选的三通阀32和33设定到使得泵29的操作使第二热传递流体28转移通过热交换器31的位置以在第二释放模式的操作期间使用连续的热源并通过使可选的隔离阀40和42保持打开来连续地对第二存储器3进行充能。这允许在不操作热泵1的情况下同时对第二存储器3进行充能以及操作第二释放模式。

[0176] 在第二释放模式的操作时,操作泵39以使第二热传递流体28从第二存储器3循环到第二蒸发器14。在离开第二蒸发器14时,第二热传递流体28返回到第二存储器3以允许连续的循环。操作泵13以将第二工作流体24泵送到第二蒸发器14的另一侧,在第二蒸发器14中,第二工作流体24利用来自第二热传递流体28的热量而蒸发。

[0177] 第二工作流体24离开第二蒸发器14,并且在进入第二膨胀器11之前,如果存在可用的附加的/废热源30,则第二工作流体24可以通过可选的热交换器18。这进一步加热气态第二工作流体24(例如,增加过热),或者替代地可用于在进入第二膨胀器11之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器18来升高蒸发第二工作流体24的温度(如果热力学有利的话)。

[0178] 气态第二工作流体24进入第二膨胀器11,并且由于第二膨胀器11上的压力差(由第二冷凝器12中的第二工作流体24的冷凝压力和用于蒸发第二工作流体24的热源设定),第二工作流体24驱动膨胀器11(当第二工作流体24膨胀时),从而将从第二热传递流体28(和可选的热交换器18)提取的能量转换成电能或机械能。

[0179] 在离开第二膨胀器11时,第二工作流体24仍然是气态的并且可以进入可选的热交换器36,在热交换器36中,第二工作流体24可以交换将对第一工作流体23在热力学上有利的任何剩余热(如果第一释放模式也在运行的话)。

[0180] 然后,第二工作流体24进入第二冷凝器12,在第二冷凝器12中,第二工作流体24通过在第二冷凝器12的另一侧的辅助散热器15冷凝。在某些非限制性实施例中,辅助散热器15可以是周围散热器。

[0181] 替代地,如果在热力学上是有利的,则装置400可构造为使得第二工作流体24在可选的热交换器36中冷凝,并且随后在第二冷凝器12中过冷。

[0182] 然后,冷凝的第二工作流体24可以可选地首先进入缓冲存储器38(如果存在的话),并且然后进入泵13,或者被直接吸入泵13中以使循环继续并(经由可选的热交换器17)被泵送回第二蒸发器14,其中替代/废热源30可预热第二工作流体24(如果可用的话)。

[0183] 当第二工作流体24蒸发时,第二工作流体24(经由第二热传递流体28)从其吸收热量,该过程可以继续并致使热侧PCM逐渐凝固。

[0184] 第二释放模式的操作可进行,以部分地或完全地固化热侧PCM,并且在热侧PCM仍处于其熔点温度的情况下仍然允许下一次充能模式的操作开始。替代地,在一些情形中,如果仍然能够产生可感知的能量,则可能优选的是操作第二释放模式直到所有热侧PCM固化的情况之后。这意味着热泵1将在下一次充能模式的操作期间在一定的温度范围内运行。在任何情况下,可以通过第二存储器3中或离开第二存储器3的第二热传递流体28的可测量的温度下降来提供热侧PCM已完全固化的指示。

[0185] 图5示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置500。

[0186] 在图5的实施例中,在第一储存器2和第二储存器3中使用未封装的PCM,以便在PCM从液相变为固相或相反时以相对恒定的温度存储或放出热量。

[0187] 第一储存器2中的冷侧PCM不以任何方式封装。第一热传递流体25与冷侧PCM直接接触。这两种物质被选择成使得它们不能混溶并具有不同的比重,使得当PCM处于液相和固相时它们不会容易地混合并且在重力作用下分离。由于这种自然分离,可以定位抽吸端口,使得在充能模式的操作期间,仅第一热传递流体25从第一储存器2中抽出,同时允许与冷侧PCM的最佳热接触。

[0188] 这种自然分离还允许抽吸端口的定位使得在第一释放模式的操作期间,仅冷侧PCM的固体/液体浆料混合物从第一储存器2中抽出。应该理解的是,可能存在夹带在浆料内的第一热传递流体25的痕迹,但是这些痕迹将是最低程度的。

[0189] 在充能模式操作之前,冷侧PCM将完全是液体的(如果第一储存器2在先前的第一释放模式操作期间完全释放),并且优选地将处于其熔点温度,尽管在一些实施例中它可以是略高于熔点。

[0190] 第二储存器3中的热侧PCM不以任何方式封装。第二热传递流体28与热侧PCM直接接触。选择这两种物质使得它们不能混溶并具有不同的比重,使得当PCM处于液相和固相时它们不会容易地混合并且在重力作用下分离。由于这种自然分离,可以定位抽吸端口,使得在第二释放模式的操作期间,仅第二热传递流体28从第二储存器3中抽出,同时允许与热侧PCM的最佳热接触。

[0191] 这种自然分离还允许抽吸端口的定位,使得在充能模式的操作期间,仅热侧PCM的固体/液体浆料混合物44从第二储存器3中抽出。应该理解的是,可能存在夹带在浆料内的第二热传递流体28的痕迹,但是这些痕迹将是最低程度的。

[0192] 在充能模式的操作之前,可以打开可选的隔离阀40和42(如果存在的话),并且可以关闭可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。可选的三通阀32和33设定成当泵29运行时将热侧PCM浆料44从第二储存器3仅转移到制冷冷凝器21,或者如果还要(经由热交换器31)使用一些附加的热源,则传递到合适的位置。在该阶段,热侧PCM将是固体/液体浆料,其中精确的固液含量将取决于在前的第二释放模式运行了多长时间,以及之后是否经由热交换器31增加了任何附加的热量。热侧PCM将优选处于其熔点温度。

[0193] 在充能模式的操作期间,热泵1被赋能以驱动制冷压缩机19。这在制冷剂进入制冷冷凝器21之前加热并加压热泵1内的气态制冷剂。因此,热量被供应到经由泵29循环通过制冷冷凝器21的另一侧的热侧PCM浆料44。向热侧PCM浆料44放出热量将热泵制冷剂冷凝成液相,然后热泵制冷剂进入制冷膨胀阀22,从而降低其压力,并相应地降低其沸点。进入制冷蒸发器20的制冷剂在其从经由泵26循环通过制冷蒸发器20的另一侧的第一热传递流体25提取热量时沸腾。

[0194] 在该阶段期间,第一热传递流体25离开制冷蒸发器20之后在其将立即与液相冷侧PCM发生接触的地点处返回到第一储存器2。如果液相冷侧PCM已经处于其熔点温度,则其与重新进入第一储存器2的第一热传递流体25接触时将形成小的固体颗粒。由于这些物质的不混溶性及其不同的比重,它们将分离,从而允许第一热传递流体25在充能模式的操作期间连续地泵送出第一储存器2并通过制冷蒸发器20。根据物质的性质,冷侧PCM的固化颗粒将

在液相冷侧PCM中上升或下沉。这导致冷侧PCM浆料的积聚集中在第一储存器2内。充能模式的操作可以优选地继续直到所有冷侧PCM浆料在第一储存器2内已经达到最大期望固体密度的情况。

[0195] 在充能模式的操作期间,随着热泵1将热量传递给热PCM浆料44,通过制冷冷凝器21和/或可选的热交换器31的热PCM浆料44将继续熔化。

[0196] 可以调整第二储存器3中的第二PCM的质量(但不是必需的),使得当出现最大冷侧PCM浆料固体密度的情况时,它与所有热侧PCM熔化的情况一致。实际上,并且为了允许可选的从备用源回收废热,在不以任何形式影响系统性能的情况下,热侧PCM的质量可以超过该值。

[0197] 充能模式的操作可以在冷侧PCM浆料达到最大可容许固体密度的情况下或之前停止,使得没有能量被用于向冷侧PCM提供“可感知的冷却”。这样,可在热泵1上保持固定的温差以及因而是性能系数,从而允许热泵设计和制冷剂选择围绕单个操作点进行优化。

[0198] 在某些实施例中,在存储模式的操作期间,热泵1不操作,并且第一热力学回路中的任何部件也不操作。

[0199] 如果装置500纯粹作为能量存储系统操作而没有回收附加的热源,则装置500可以处于休眠状态,其中,第二热力学回路中没有处于活动状态的部件。

[0200] 如果存在可用的附加的热源30,则可以通过将可选的三通阀32和33设置到使得泵29的操作使热侧PCM浆料44转移通过热交换器31的位置以在存储阶段期间利用连续的或者间歇的热源,从而连续地对第二储存器3进行充能。

[0201] 与以上关于图3和图4描述的实施例一样,第一储存器2和第二储存器3的释放可以根据当地的能量要求独立地或同时地完成。也就是说,第一释放模式可以允许第一储存器2的释放,并且第二释放模式可以允许第二储存器3的释放。第一膨胀器6和第二膨胀器11可以在释放之前处于休眠状态,或者它们可以被发动,使得它们在引入第一工作流体23和第二工作流体24之前处于操作速度。在可能需要瞬时能量的实施例中,电容存储器53可包括在驱动/电力电子器件52中以提供瞬时供应(参见图10)。在替代实施例中,可以提供其它附加的非热能存储器件,其可以例如是机械的或电的。例如,附加的非热能存储器件可以是飞轮或电池。

[0202] 在第一释放模式的操作时,泵8将第一工作流体23泵送到第一蒸发器9中,在第一蒸发器9中,第一工作流体23被辅助热源10加热和蒸发。在某些非限制性实施例中,辅助热源可以是周围热源。然后,第一工作流体23通过可选的热交换器36,以从第二工作流体24拾取在第二工作流体24离开第二膨胀器11时的任何剩余热(如果还正在操作第二释放模式)。这进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者替代地可以用于在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器36来升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学有利的话)。

[0203] 在进入第一膨胀器6之前,如果存在附加的热源30,则第一工作流体23可以通过可选的热交换器16。这进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者替代地可用于在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器16来升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学有利的话)。

[0204] 气态第一工作流体23进入第一膨胀器6,并且由于整个第一膨胀器6中的压力差

(由第一冷凝器7中的冷凝压力和用于蒸发第一工作流体23的热源设定),第一工作流体23驱动膨胀器6(当第一工作流体23膨胀时),从而将从第一蒸发器9(和可选的热交换器36和16)中的辅助热源提取的能量转换成电能或机械能。

[0205] 第一工作流体23在仍处于气体状态时离开第一膨胀器6,并进入第一冷凝器7。泵46将冷侧PCM浆料45从第一储存器2泵送到第一冷凝器7中。这使得第一工作流体23与冷侧PCM浆料45热接触,当冷PCM浆料45从第一工作流体23吸收热量并熔化时,冷侧PCM浆料45冷凝第一工作流体23。然后,冷凝的第一工作流体23可以可选地首先进入缓冲存储器37(如果存在的话),并且然后进入泵8,或者再次直接吸入到泵8中以使循环继续。离开第一冷凝器7的冷侧PCM以完全液体或以更大的液体比例返回第一储存器2。当第一释放模式运行时,该过程逐渐熔化冷侧PCM浆料45。

[0206] 第一释放模式的操作可进行,以部分地或完全地熔化冷侧PCM浆料45,并且在冷侧PCM仍处于其冰点温度的情况下仍然允许下一次充能模式的操作开始。替代地,在一些实施例中,如果仍然能够产生可感知的能量,则可能优选的是操作第一释放模式以超过所有冷侧PCM浆料45都熔化的点。这意味着热泵1将在下一次充能模式的操作期间在一定的温度范围内运行。在任何情况下,冷侧PCM已完全熔化的指示可以通过在第一储存器2中或从第一储存器2离开的冷侧PCM的温度升高来检测。

[0207] 在操作第二释放模式之前,可以打开可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。如果在释放阶段期间经由热交换器31没有可获得的附加的热量输入,则可以关闭可选的隔离阀40和42(如果存在的话)。如果存在可用的附加的热源,则可以通过将可选的三通阀32和33设定到使得泵29的操作使热侧PCM浆料44转移通过热交换器31的位置,以在第二释放模式的操作期间并通过使可选的隔离阀40和42保持打开来利用连续的热源,从而连续地对第二储存器3进行充能。这允许在不操作热泵1的情况下同时对第二储存器3进行充能并操作第二释放模式。

[0208] 在操作第二释放模式时,操作泵39以使第二热传递流体28从第二储存器3循环到第二蒸发器14。在离开第二蒸发器14时,第二热传递流体28在其马上就要与液相热侧PCM发生接触的地点处返回到第二储存器3,以允许热侧PCM的连续循环和冷却。操作泵13以将第二工作流体24泵送到第二蒸发器14的另一侧,在第二蒸发器14中,使用来自第二热传递流体28的热量使第二工作流体24蒸发。

[0209] 第二工作流体24离开第二蒸发器14,并且在进入第二膨胀器11之前,如果存在附加的热源30,第二工作流体24可以通过可选的热交换器18。这进一步加热气态第二工作流体24(例如,增加过热),或者替代地可以用于在进入第二膨胀器11之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器18来升高蒸发第二工作流体24的温度(如果热力学有利的话)。

[0210] 气态第二工作流体24进入第二膨胀器11,并且由于膨胀器上的压力差(由第二冷凝器12中的第二工作流体24的冷凝压力和用于蒸发第二工作流体24的热量设定),第二工作流体24驱动膨胀器11(当第二工作流体24膨胀时),从而将从第二热传递流体28(和可选的热交换器18)提取的能量转换成电能或机械能。

[0211] 在离开第二膨胀器11时,第二工作流体24仍然是气态的并且然后可以进入可选的热交换器36,在热交换器36中,第二工作流体24可以交换对第一工作流体23有利的任何剩余热(如果第一释放模式同时在运行的话)。

[0212] 然后,第二工作流体24进入第二冷凝器12,在第二冷凝器12中,第二工作流体24通过在第二冷凝器的另一侧上的辅助散热器15冷凝。在某些非限制性实施例中,辅助散热器15可以是周围散热器。

[0213] 替代地,如果在热力学上是有利的,则装置500可构造为使得第二工作流体24在可选的热交换器36中冷凝,然后在第二冷凝器12中过冷。

[0214] 然后,冷凝的第二工作流体24可以可选地首先进入缓冲存储器38(如果存在的话),然后进入泵13,或者直接吸入泵13中以使循环继续并(经由可选的热交换器17)被泵送回第二蒸发器14,其中替代/废热源30可预热第二工作流体24(如果可获得的话)。

[0215] 当第二热传递流体28离开第二蒸发器14并重新进入第二存储器3时,它在第二存储器3中具有冷却效果。一旦热侧PCM材料达到其冰点温度,经由第二热传递流体28的任何进一步冷却将导致在与重新进入第二存储器3的第二热传递流体28接触时形成热侧PCM的固化的小颗粒。

[0216] 由于物质的不混溶性及其不同的比重,它们将分离,从而允许第二热传递流体28在第二释放模式的操作期间连续地被泵送出第二存储器3并通过第二蒸发器14。根据物质的性质,热侧PCM的固化颗粒将在液相热侧PCM中上升或下沉。这导致热侧PCM浆料的积聚集中在第二存储器3内。第二释放模式的操作可以继续,直到优选地(但不是必须地)热侧PCM浆料在第二存储器3内已经达到最大期望固体密度的情况。

[0217] 第二释放模式的操作可以进行,以使热侧PCM浆料部分地或者全部固化至最大所需固体密度,并且仍然允许下一次充能模式的操作在热侧PCM在第二存储器3内仍然处于其熔点温度的情况下开始。

[0218] 图6示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置600。

[0219] 在图6的实施例中,第一存储器2和第二存储器3中的第一存储介质和第二存储介质相应地包括在正常操作温度期间不改变相的液体介质。即,第一存储介质是第一(或“冷侧”)存储液体,并且第二存储介质是第二(或“热侧”)存储液体。

[0220] 第一存储器2中的第一存储液体是优选具有高比热容并且优选在其冷却时将不发生相变的液体。在该实施例中,第一存储液体和第一热传递流体25是同一种介质。

[0221] 在充能模式的操作之前,阀27设定成在泵26运行时将第一热传递流体25从第一存储器2转移到制冷蒸发器20。如果第一存储器2在先前的第一释放模式操作期间(即,在第一释放模式的操作期间)完全释放,则冷侧存储液体将完全处于其最高存储温度。

[0222] 第二存储器3中的第二存储液体是优选具有高比热容并且优选在其加热时将不发生相变的液体。在该实施例中,第二存储液体和第二热传递流体28是同一种介质。

[0223] 在充能模式的操作之前,可以打开可选的隔离阀40和42(如果存在的话),并且可以关闭可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。可选的三通阀32和33可以设定成当泵29运行时从第二存储器3将第二热传递流体28单独地转移到制冷冷凝器21,或者如果还要(经由热交换器31)使用一些附加的热源,则传递到合适的位置。如果第二存储器3在先前的第二释放模式操作期间(即,在第二释放模式的操作期间)完全释放并且如果之后没有经由热交换器31增加附加的热量,则热侧热存储液体将完全处于其最低存储温度。

[0224] 在充能模式下操作时,热泵1被赋能以驱动制冷压缩机19。这在进入制冷冷凝器21并将热量供应到经由泵29循环通过制冷冷凝器21的另一侧的第二热传递流体28之前加热

并加压热泵1内的气态制冷剂。向第二热传递流体28放出热量将热泵制冷剂冷凝成液相,然后热泵制冷剂进入制冷膨胀阀22,这降低了其压力并相应地降低了其沸点。进入制冷蒸发器20的制冷剂在其从经由泵26循环通过制冷蒸发器20的另一侧的第一热传递流体25提取热量时沸腾。

[0225] 充能模式的操作可以优选地继续直到所有冷侧热存储液体达到其最低存储温度的情况。这将通过第一热传递流体25的达到预定水平的温度来指示(并因此可检测)。

[0226] 可以调整第二存储器3中的热侧热存储液体的质量(但不是必需的),使得当所有冷侧热存储液体完全冷却时的情况与所有热侧热存储液体完全加热的情况一致。实际上,并且为了允许来自备用源的可选的废热回收,在不以任何形式影响系统性能的情况下,热侧热存储液体的质量可以超过该值。

[0227] 尽管不是必需的,但优选的是,第一存储器2和第二存储器3中的温度在充能模式的整个操作过程中均匀化。这可以通过搅动第一存储器2和第二存储器3(例如通过再循环第一热传递流体25和第二热传递流体28,或通过其它手段(通风、机械搅拌器等))以及控制热泵1的操作使得热泵1中的冷凝温度在任何点处都略微高于总体第二存储器3温度、并且热泵1中的蒸发温度在任何点处都略低于总体第一存储器2温度来实现。该充能过程将确保热泵1在充能持续期间的平均性能系数尽可能高,以便最大化系统的循环效率。

[0228] 在某些实施例中,在存储模式的操作期间,可以不操作热泵1,也不操作第一热力学回路4中的任何部件。

[0229] 如果装置600纯粹作为能量存储系统操作而没有附加的热源的回收,则装置600可以处于休眠状态,在第二热力学回路5中没有处于活动状态的部件。

[0230] 如果存在可用的附加的热源,则可以通过将可选的三通阀32和33设置到使得泵29的操作使第二热传递流体28转移通过热交换器31的位置以在存储阶段期间利用连续的或间歇的热源来连续地对第二存储器3进行充能。

[0231] 与以上关于图3、图4和图5描述的实施例一样,第一热力学回路4和第二热力学回路5的释放可以根据当地的能量需求独立地或同时地完成。也就是说,第一释放模式可以允许第一热力学回路4的释放,并且第二释放模式可以允许第二热力学回路5的释放。第一膨胀器6二膨胀器可以在释放之前处于休眠状态,或者它们可以被发动,使得它们在引入第一工作流体23和第二工作流体24之前处于操作速度。在可能需要瞬时动力的实施例中,电容存储器53可包括在驱动/电力电子器件52中以提供瞬时供应(参见图10)。在替代实施例中,可以提供其它附加的非热能存储器件,其可以例如是机械的或电的。例如,附加的非热能存储器件可以是飞轮或电池。

[0232] 在第一释放模式的操作之前,三通阀27定位成使得泵26的操作使第一热传递流体25转移通过第一冷凝器7。

[0233] 在第一释放模式的操作时,泵8将第一工作流体23泵送到第一蒸发器9中,在第一蒸发器9中,第一工作流体23被来自第一辅助源10的热量加热和蒸发。在某些非限制性实施例中,辅助热源10可以是周围热源。然后,第一工作流体23通过可选的热交换器36,以从第二工作流体24中拾取在第二工作流体24离开第二膨胀器11时的任何剩余热(如果还正在操作第二释放模式)。这进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者替代地可用于在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器36来升高蒸发第一工作流

体23的温度(如果热力学有利的话)。

[0234] 在进入第一膨胀器6之前,如果存在可用的附加的热源30,则第一工作流体23可以通过可选的热交换器16。这进一步加热气态第一工作流体23(例如使其过热),或者替代地可以用于在进入第一膨胀器6之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器16来升高蒸发第一工作流体23的温度(如果热力学有利的话)。

[0235] 气态第一工作流体23进入第一膨胀器6,并且由于第一膨胀器6上的压力差(由第一冷凝器7中的冷凝压力和用于蒸发第一工作流体23的热源设定),第一工作流体23驱动第一膨胀器6(当第一工作流体23膨胀时),从而将从第一蒸发器9(和可选的热交换器36和16)中的热源提取的能量转换成电能或机械能。

[0236] 第一工作流体23在仍处于气体状态时离开第一膨胀器6并且进入第一冷凝器7。泵26将第一热传递流体25从第一储存器2泵送到第一冷凝器7中。这使得第一工作流体23与第一储存器2热接触,当冷的热传递流体25从第一工作流体23吸收热量时,这使得第一工作流体23冷凝。然后,冷凝的第一工作流体23可以可选地首先进入缓冲存储器37(如果存在的话),并且然后进入泵8,或者再次吸入到泵8中以使循环继续。离开第一冷凝器7的第一热传递流体25返回到第一储存器2,在第一储存器2中,当第一释放模式运行时,第一热传递流体25与冷侧热存储液体交换热量并加热冷侧热存储液体。

[0237] 第一释放模式可以进行以部分或完全加热冷侧热存储液体,并且仍然允许下一次充能模式的操作从总体温度达到均匀化开始。无论哪种方式,第一储存器2的完全释放可以通过检测第一储存器2中或离开第一储存器2的第一热传递流体25的温度升高来指示。

[0238] 有利的是(但不是必需的),在第一释放模式的操作期间,冷侧热存储液体被从第一储存器2(其例如可以是罐)的底部抽出,并且以允许第一储存器2中的热存储液体分层使得抽出的液体总是处于最低存储温度并以最高存储温度返回第一储存器2的流速返回到第一储存器2的顶部。这将导致第一冷凝器7中的第一工作流体23的最低可能的冷凝压力,并因此使第一膨胀器6上的焓变化最大化。

[0239] 在操作第二释放模式之前,可以打开可选的隔离阀41和43(如果存在的话)。如果在第二释放模式的操作期间经由热交换器31没有可获得的附加的热量输入,则可以关闭可选的隔离阀40和42(如果存在的话)。如果存在可用的附加的热源,则可以通过将可选的三通阀32和33设置到使得泵29的操作使第二热传递流体28转移通过热交换器31的位置以在第二释放模式的操作期间利用连续的热源并通过使可选的隔离阀40和42保持打开,来连续地对第二储存器3进行充能。这允许在不操作热泵1的情况下同时对第二储存器3进行充能并操作第二释放模式。

[0240] 在第二释放模式的操作时,操作泵39以使第二热传递流体28从第二储存器3循环到第二蒸发器14。在离开第二蒸发器14时,第二热传递流体28返回到第二储存器3以允许继续循环。操作泵13以将第二工作流体24泵送到第二蒸发器14的另一侧,在第二蒸发器14中,使用来自第二热传递流体28的热量使第二工作流体24蒸发。

[0241] 第二工作流体24离开第二蒸发器14,并且在进入第二膨胀器11之前,如果存在可用的附加的/废热源30,第二工作流体24可以通过可选的热交换器18。这进一步加热气态第二工作流体24(例如,增加过热),或者替代地可以用于在进入第二膨胀器11之前,通过将液体/蒸气水平推入该热交换器18来升高蒸发第二工作流体24的温度(如果热力学有利的

话)。

[0242] 气态第二工作流体24进入第二膨胀器11,并且由于膨胀器上的压力差(由第二冷凝器12中的第二工作流体24的冷凝压力和用于蒸发第二工作流体24的热源设定),第二工作流体24驱动第二膨胀器11(当第二工作流体24膨胀时),从而将从第二热传递流体28(和可选的热交换器18)提取的能量转换成电能或机械能。

[0243] 在离开第二膨胀器11时,第二工作流体24仍然是气态的并且可以然后进入可选的热交换器36,在热交换器36中,第二工作流体24可以交换对第一工作流体23有利的任何剩余热(如果第一释放模式同时在运行的话)。

[0244] 然后,第二工作流体24进入第二冷凝器12,在第二冷凝器12中,第二工作流体24通过第二冷凝器12的另一侧上的辅助散热器15冷凝。在某些非限制性实施例中,辅助散热器可以是周围散热器(ambient heat sink)。

[0245] 替代地,如果在热力学上是有利的,则装置600可构造为使得第二工作流体24在可选的热交换器36中冷凝,然后在第二冷凝器12中过冷。

[0246] 然后,冷凝的第二工作流体24可以可选地首先进入缓冲存储器38(如果存在的话),并且然后进入泵13,或者直接抽入泵13中以使循环继续并经由可选的热交换器17泵送回第二蒸发器14中,在热交换器17中,替代/废热源30可预热工作流体24(如果存在可用的话)。

[0247] 随着第二工作流体24在蒸发时经由第二热传递流体28从热侧热存储液体吸收热量,第二释放模式的操作逐渐导致热侧热存储液体的冷却。

[0248] 第二释放模式的操作可以进行,以部分地或完全地冷却第二存储器3,并允许下一次充能模式的操作从总体温度达到均匀化开始。无论哪种方式,第二存储器3的完全释放可以由第二存储器3中或离开第二存储器3的第二热传递流体28的温度下降来指示(并因此被检测)。

[0249] 有利的是(但不是必需的),在第二释放模式的操作期间,热侧热存储液体被从第二存储器3(其例如可以是罐)的顶部抽出,并且以允许第二存储器3中的热存储液体分层使得抽出的液体总是处于最高存储温度并以最低存储温度返回第二存储器3的流速返回到第二存储器3底部。这将导致第二蒸发器14中的第二工作流体24的最高可能的蒸发压力,并因此使第二膨胀器11上的焓变化最大化。

[0250] 图7示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置700。在图7的实施例中,第一存储器2包括两个分开的第一容器2a、2b,并且第二存储器3包括两个分开的第二容器3a、3b。第一存储介质和第二存储介质是在装置700的正常操作期间不改变相的液体。这样,可以经由第一容器2a、2b以及第二容器3a、3b中的可感知的加热和冷却来存储热能。当第一存储介质被加热和冷却时,其在两个第一容器2a、2b之间来回移动(例如,被泵送)。类似地,当第二存储介质被加热和冷却时,其在两个第二容器3a、3b之间来回移动(例如,被泵送)。

[0251] 图8示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置800。在图8的实施例中,提供了第三存储器50,其用作中间温带热存储器。第一存储器2、第二存储器3和第三存储器50中的每个包括其中具有一个或更多个热交换器的存储罐。图8的实施例例示了通过一些简单的构造将热交换器布置在罐中是如何允许消除一些辅助泵送负载的。此外,离开第二存储器3的废热可以被捕获在第三存储器50中。这些特征可以包括在上述实施例中的任一个中。

在图8的具体实施例中,第一存储介质和第二存储介质是在装置800的正常操作期间不改变相的液体介质。这样,可以经由第一储存器2和第二储存器3中的可感知的加热和冷却来存储热能。

[0252] 图9示意性地示出了根据本发明的一实施例的热力学循环装置900。图9的装置900与图1的装置100相同,但另外包括热源54和散热器55。因此,附加的部件54和55以及相关操作(在下面进行了描述)可以并入到上述实施例中的任一个中。

[0253] 热源54允许热泵1运行并加热第二储存器3,而不从第一储存器2抽取热量。如果装置900先前在第二释放模式下操作而没有操作第一释放模式(即,使第二储存器3“再充能”),则可以使用这种布置。

[0254] 散热器53允许热泵1运行以冷却第一储存器2,而不加热第二储存器3。如果装置900先前在第一释放模式下操作而没有操作第二释放模式(即使第一储存器2“再充能”),则可以使用这种布置。

[0255] 图10示意性地示出了可以在本发明的某些实施例中使用的电力电子器件52。电力电子器件52示出为电连接至膨胀器发电机,膨胀器发电机可以包括第一膨胀器6或第二膨胀器11中的任一个。电力电子器件52构造为调节膨胀器发电机6、11的发电机并处理至本地电网的任何连接协议。电容存储器53(例如,电容器)被提供并且可以用于减少在级间存在DC电压总线的情况下所需的电力和输送的电力之间的时间。电力电子器件52还可用于驱动膨胀器-发电机6、11,以允许在需要电力时更快的启动时间。在替代实施例中,代替电容存储器53或者除了电容存储器53之外,可以提供其它附加的非热能存储器件,例如,其可以是机械的或电的。例如,所述附加的非热能存储器件可以是飞轮、压缩空气(或其它气体)或电池。

[0256] 在某些实施例中,第一存储介质和第二存储介质(在第一储存器2和第二储存器3中)的存储温度可以是200℃或低于200℃、100℃或低于100℃、-50℃或高于-50℃和/或-30℃或高于-30℃。在某些实施例中,第一存储介质的存储温度与第二存储介质的存储温度之间的差可以在30℃和120℃之间。在某些实施例中,第一存储介质的存储温度与第二存储介质的存储温度之间的差可以在30℃和60℃之间,或约50℃,或者在80℃和120℃之间,或大约100℃。例如,第一储存器中的存储温度可以是约0℃,并且第二储存器中的存储温度可以是约50℃。因此,与许多需要几百摄氏度的高温和-100℃或更低的低温的现有技术布置相比,本发明的实施例可以在适度的、可感知的温度下操作。在某些实施例中,本发明可以通过利用丰富且可自由获得的热源(比如周围热量、环境热和废热)来实现这一点。在这类实施例中,丰富的热源的低转换效率克服了在相对适度的温度下操作所引起的热力学损耗。通过提供相对于存储在第二储存器中的能量独立地释放存储在第一储存器中的能量的能力,大大简化了装置的工程设计。这意味着这种装置可由能容易地获得的部件组装而成,并且以低资本成本提供有吸引力的循环效率。

[0257] 在某些非限制性实施例中,用于在部件9、16、31、18(其为热交换器)中增加热量的热源可以选自:外部周围空气源、来自待进行空气调节的建筑物和住宅内部的空气源、现有空气调节或制冷系统排出的热、周围水源(如盐水、海水、淡盐水、湖泊、池塘、河流、运河、渡槽)、地面源、地热、太阳能、太阳能池、生物活性热源(例如厌氧消化池、需氧消化池、堆肥堆、粪堆、污水流、次级污水污泥)、来自工业过程的废热、以及来自其它发电技术(例如

CCGT、蒸汽涡轮机等)的废热。

[0258] 在利用“周围”热量作为第一蒸发器9和第二冷凝器12的源和散热器的实施例中,这些不需要是相同的周围源,或者处于相同的温度(即,使用河流的流动作为辅助散热器15可能导致与可用作辅助热源10的空气源相比较低的温度)。

[0259] 在某些实施例中,第一膨胀器6和/或第二膨胀器11可以选自:径向、轴向或脉冲(或其它)涡轮机/涡轮膨胀器、涡旋膨胀器、螺杆膨胀器、特斯拉涡轮机和往复式发动机。

[0260] 在某些实施例中,上述的泵26、8、46、29、39、13、49可以各自为选自以下的泵:离心泵、滑动叶片泵、盖劳特泵、齿轮滚子泵(geroller pump)、齿轮泵、膜片泵、活塞泵、柱塞泵、蠕动泵和凸轮泵。

[0261] 在某些实施例中,(例如,如果不需要第二储存器3同时进行充能和释放),泵29和13可在以上关于图3描述的实施例中用单泵替换,或者泵29和39可在以上关于图4、图5、图6和图7描述的实施例中用单泵替换。

[0262] 在某些实施例中(例如,在不需要第一储存器2和第二储存器3的独立充能以及独立的第一释放模式和第二释放模式的情况下),第一膨胀器6和第二膨胀器11可在公共轴上联接至单个发电机。

[0263] 在一些实施例中,需要在释放模式的操作期间运行的泵可以与膨胀器6、11中的一者或者两者联接在公共轴上,以提高系统效率。

[0264] 在优选实施例中,可以选择用于PCM的封装材料和与它们接触的任何流体以使它们彼此相容。

[0265] 为了防止液相工作流体进入第一膨胀器6和/或第二膨胀器11,可以在第一工作流体和第二工作流体以受控的过热余量引入它们各自的膨胀器6、11的情况下操作根据某些实施例的装置。

[0266] 可以控制第一热力学回路和第二热力学回路中的工作流体水平以提供足够的过冷,以防止对泵的气蚀损坏。

[0267] 用于选择合适的PCM的标准可以包括以下项中任何项或全部:它们的熔点、与它们可能发生接触的任何材料的化学相容性、化学惰性、稳定性、成本和安全性。

[0268] 用于选择合适的第一工作流体和第二工作流体的标准可以包括以下中任何项或全部:热源和散热器的温度、PCM的存储温度、成本、安全性、稳定性、惰性、化学相容性及它们作为制冷剂的温度-熵特性。

[0269] 在某些实施例中,该装置可以是模块化的。第一储存器2或第二储存器3中的任一者或两者可以包括两个或更多个罐,这些罐可以结合在一起以产生可扩展系统。

[0270] 在可以获得附加的冷却源(例如来自工业或冷冻过程的废冷、膨胀气体)的应用中,在第二热力学回路5的第二冷凝器12之后、在与图4、图5、图6、图7和图8相关的上述实施例中的第一冷凝器7之后、以及在进入与图3相关的上述实施例中的泵8之前可以包括附加的热交换器,以进一步抑制相应的工作流体的冷凝压力,或在进入工作流体泵之前给工作流体增加附加的过冷。

[0271] 如果在处于显著高于第二储存器3热存储温度的温度的应用中存在可用的热源,则可以利用附加的热存储器或多个存储器(即,一个或更多个附加的储存器或储存器容器),以使用具有较高存储温度的存储介质在较高温度下存储该热源。然后可以利用这种方

式,使得初级第二储存器容器将液体第二工作流体加热到它仍然是液体的温度,然后利用存储在次级第二储存器容器中的热量进行第二工作流体的蒸发。替代地,可以利用这种方式,使得初级第二储存器用于蒸发第二工作流体,然后次级第二储存器容器用于使第二工作流体在进入第二膨胀器之前过热。这也可以用作附加的热源,以使第一工作流体蒸发或过热。

[0272] 如果在处于显著低于第一储存器2存储温度的温度下的应用中存在可用的冷却源,则可以利用附加的热存储器或多个存储器(即,一个或更多个附加的存储器或储存器容器),以使用具有较低存储温度的存储介质以较低温度来存储该热源。然后可以利用这种方式,使得初级第一储存器容器用于将第一工作流体冷却到其保持气态的温度,然后利用次级第一储存器容器来将第一工作流体冷凝到较低的冷凝压力。替代地,可以利用这种方式,使得初级第一储存器容器冷凝第一工作流体,并且次级第一储存器容器使第一工作流体在进入泵之前过冷。这也可以用作附加的散热器,以冷凝或过冷第二工作流体。在某些实施例中,废冷可以用于进一步冷却第一储存器2(并因此使第一储存器2“充电”)。

[0273] 在第一存储介质和/或第二存储介质包括未封装PCM的实施例中,未封装PCM可以存储为可裂解固体(例如,与浆料相反)。可裂解固体是能够被裂解使得它可以被分离的固体。

[0274] 根据本发明的实施例,热泵1可以是可电驱动的。然而,在其它实施例中,该装置可以用于存储其它形式的能量,只要这种其它形式的能量可以用于给热泵赋能(例如机械能、气体驱动系统等)。

[0275] 在某些实施例中,为了利用快速响应膨胀器发电机协助更快的启动时间,第一/第二膨胀器的管线/管道系统可用气态第一/第二工作流体保持加压,使得当调节器/阀34和35打开时,在到达第一/第二膨胀器的气体中没有传输延迟。

[0276] 可以在本发明的范围内对上述实施例进行任何合适的结合,并且因此寻求对这种结合的保护。例如,下表中列出了特定的结合和实施例(“构造”),其中“冷侧”包括热连接至热泵1的冷侧的特征,并且“热侧”包括热连接至热泵1的热侧的特征。对附图的参考说明了所参考的附图中所描述的冷侧/热侧特征和/或上面关于所参考的附图描述的特征。

[0277]

|       | 冷侧  | 热侧  |
|-------|-----|-----|
| 构造 1  | 图 3 | 图 3 |
| 构造 2  | 图 3 | 图 4 |
| 构造 3  | 图 3 | 图 5 |
| 构造 4  | 图 3 | 图 6 |
| 构造 5  | 图 3 | 图 7 |
| 构造 6  | 图 4 | 图 3 |
| 构造 7  | 图 4 | 图 4 |
| 构造 8  | 图 4 | 图 5 |
| 构造 9  | 图 4 | 图 6 |
| 构造 10 | 图 4 | 图 7 |
| 构造 11 | 图 5 | 图 3 |
| 构造 12 | 图 5 | 图 4 |
| 构造 13 | 图 5 | 图 5 |
| 构造 14 | 图 5 | 图 6 |
| 构造 15 | 图 5 | 图 7 |
| 构造 16 | 图 6 | 图 3 |
| 构造 17 | 图 6 | 图 4 |

[0278]

|       |     |     |
|-------|-----|-----|
| 构造 18 | 图 6 | 图 5 |
| 构造 19 | 图 6 | 图 6 |
| 构造 20 | 图 6 | 图 7 |
| 构造 21 | 图 7 | 图 3 |
| 构造 22 | 图 7 | 图 4 |
| 构造 23 | 图 7 | 图 5 |
| 构造 24 | 图 7 | 图 6 |
| 构造 25 | 图 7 | 图 7 |

[0279] 在本申请文件的说明书和权利要求书中，词语“包括 (comprise)”和“包含 (contain)”及其变体意指“包括但不限于”，并且它们并不旨在 (并且不) 排除其它部分、附加物、部件、整体或步骤。遍及本申请文件的说明书和权利要求书，单数包含复数，除非上下文另有需要。具体而言，在使用不定冠词的情况下，说明将理解为预期复数以及单数，除非上下文另有需要。

[0280] 结合本发明的特定方面、实施例或示例描述的特征、整体、特点、化合物、化学部分或基团应当理解为可应用于在此描述的任何其它方面、实施例或示例，除非与它们不相容。本申请文件 (包括任何附随的权利要求、摘要和附图) 中公开的所有特征和/或如此公开的任何方法或过程的所有步骤可以以任何结合 (除了至少一些此类特征和/或步骤互斥的结合外) 来结合。本发明并不局限于任何前述实施例的细节。本发明延伸到本申请文件 (包括任何所附权利要求、摘要和附图) 中公开的任一新颖的特征或各特征的任何新颖的结合，或延伸至这样公开的任何方法或过程的任一新颖的步骤或各步骤的任何新颖的结合。

[0281] 读者的注意力被引导至与与本申请相关的本申请文件同时或之前提交且通过本申请文件向公众开放的所有论文和文献，并且所有这样的论文和文献的内容通过引用而并入本文中。

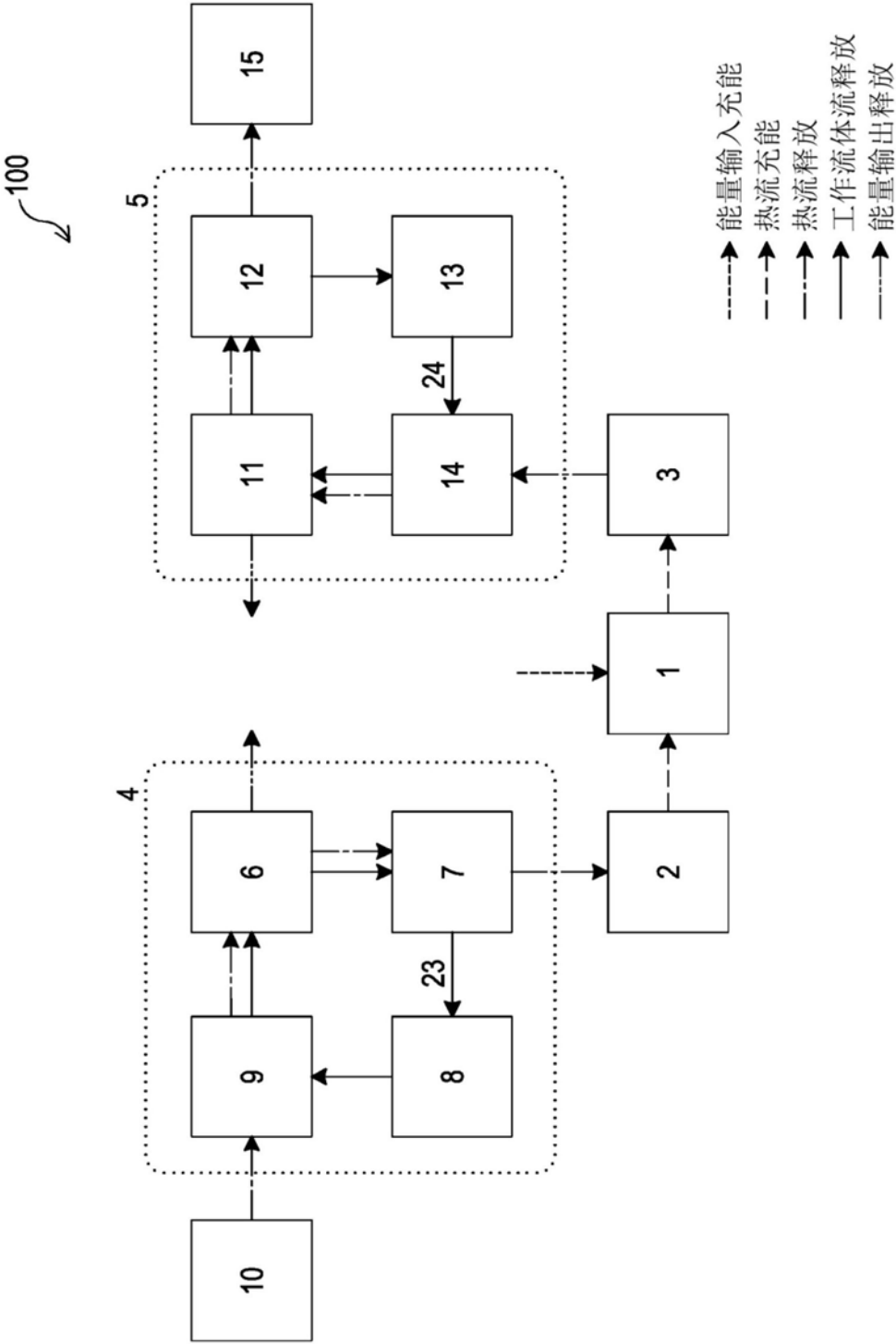


图1

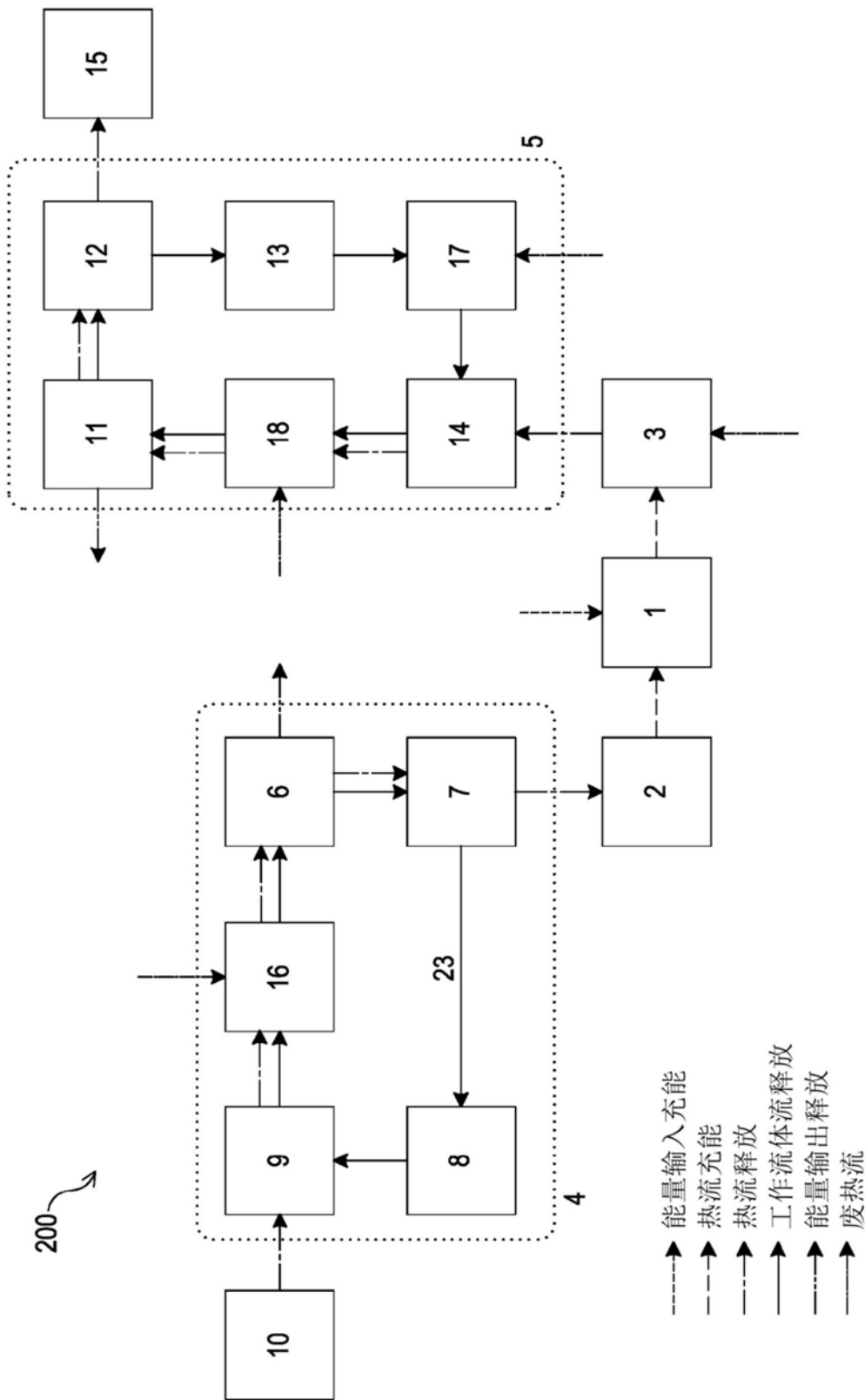


图2

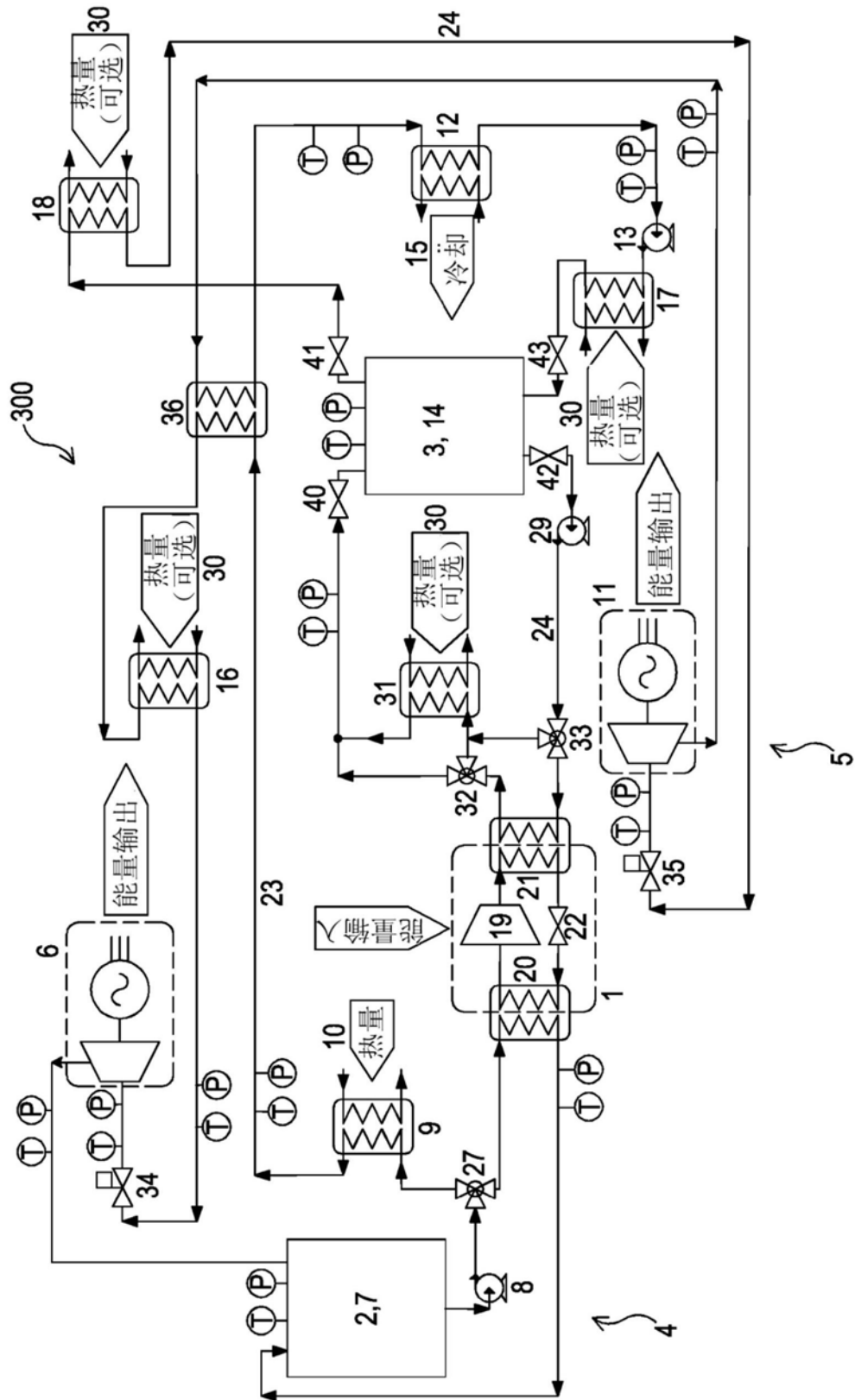


图3

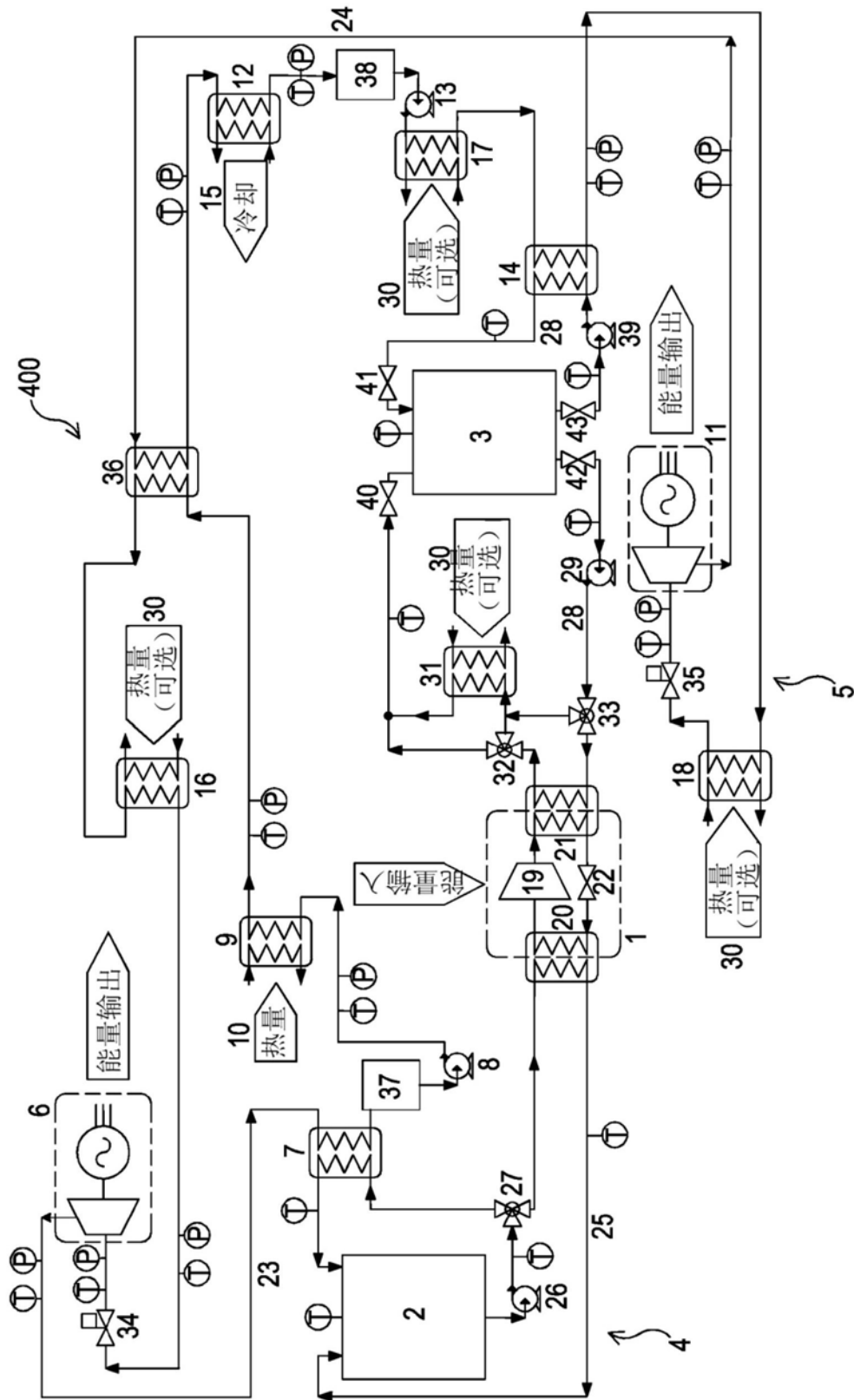


图4

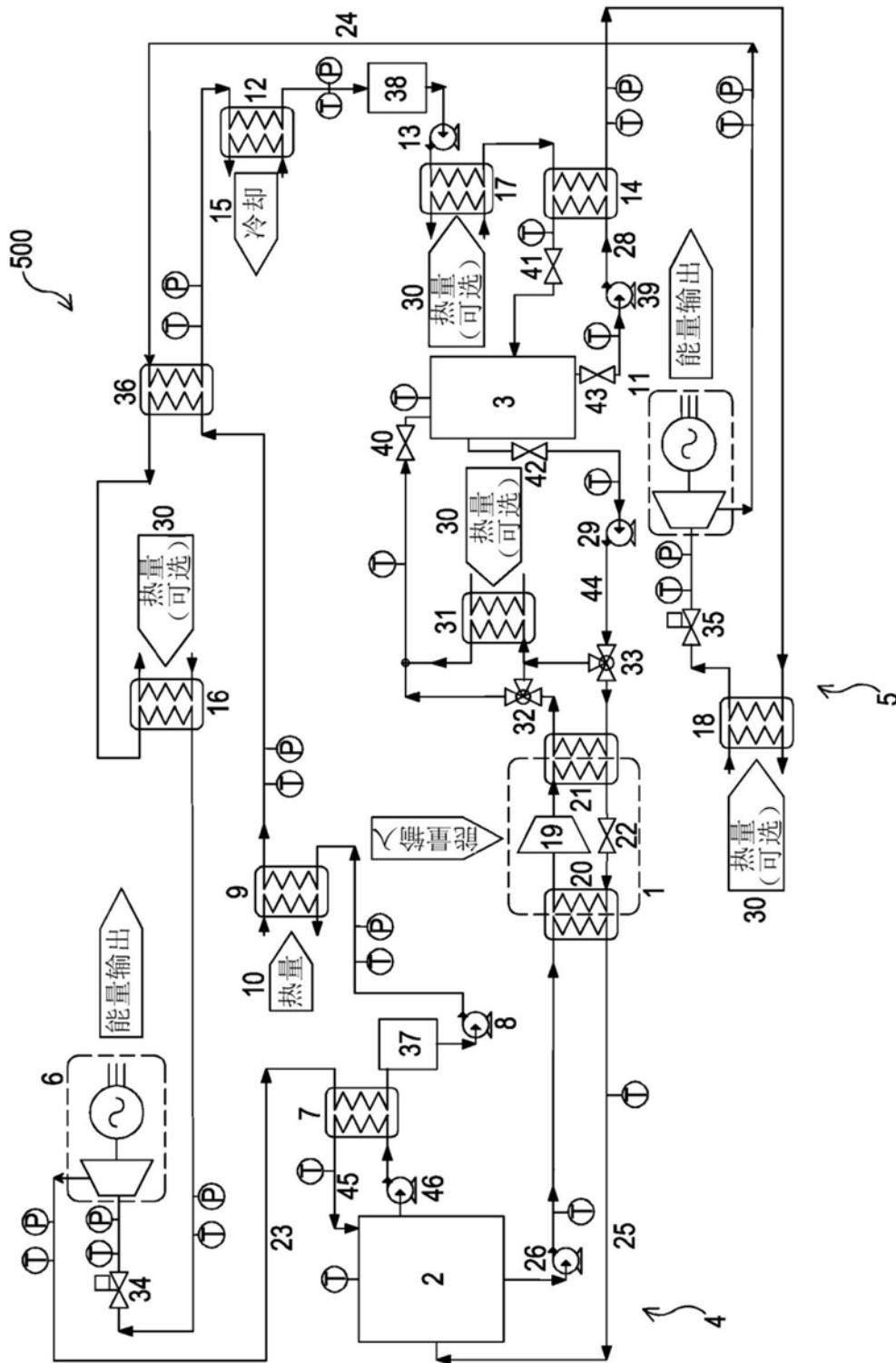


图5

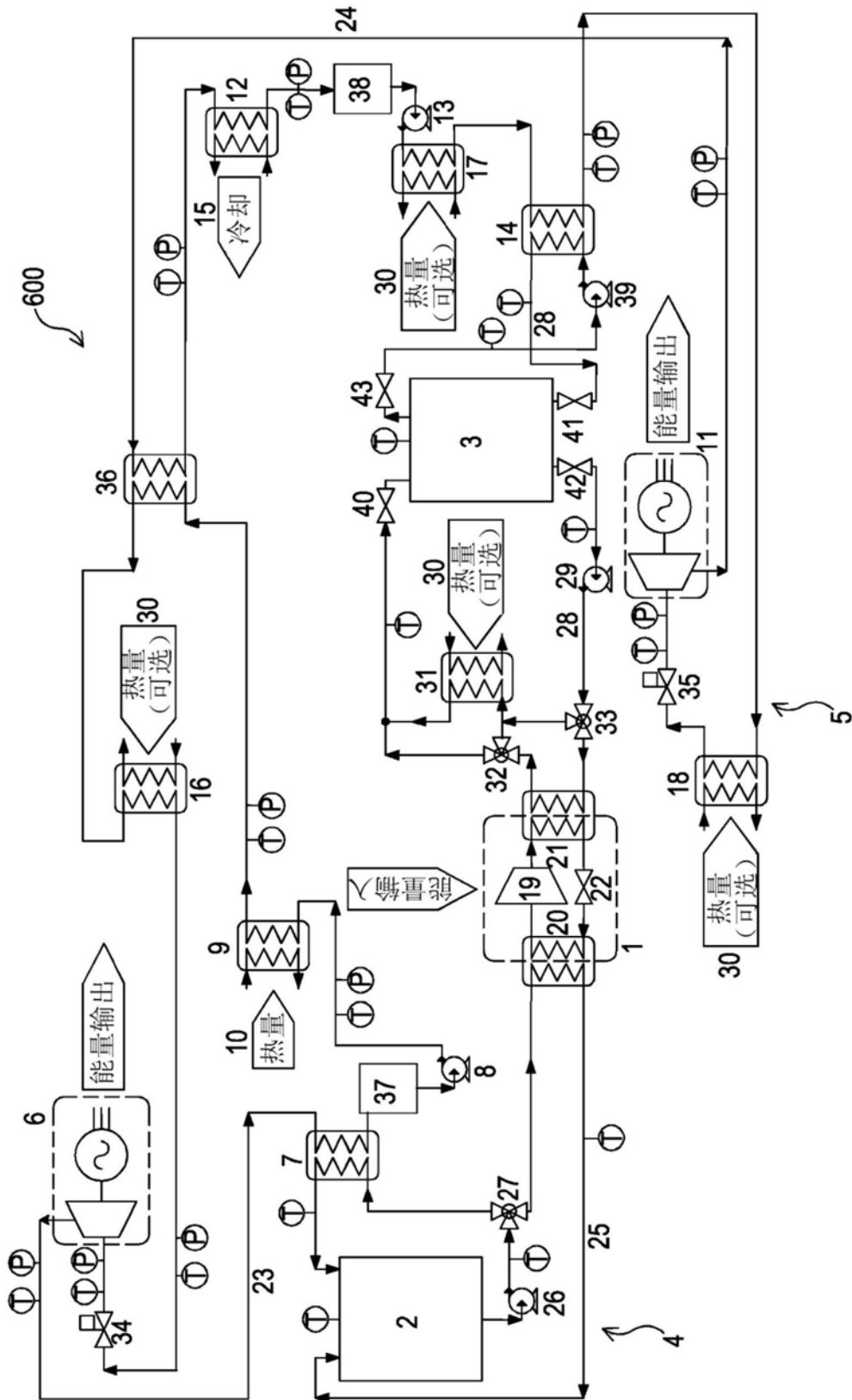


图6

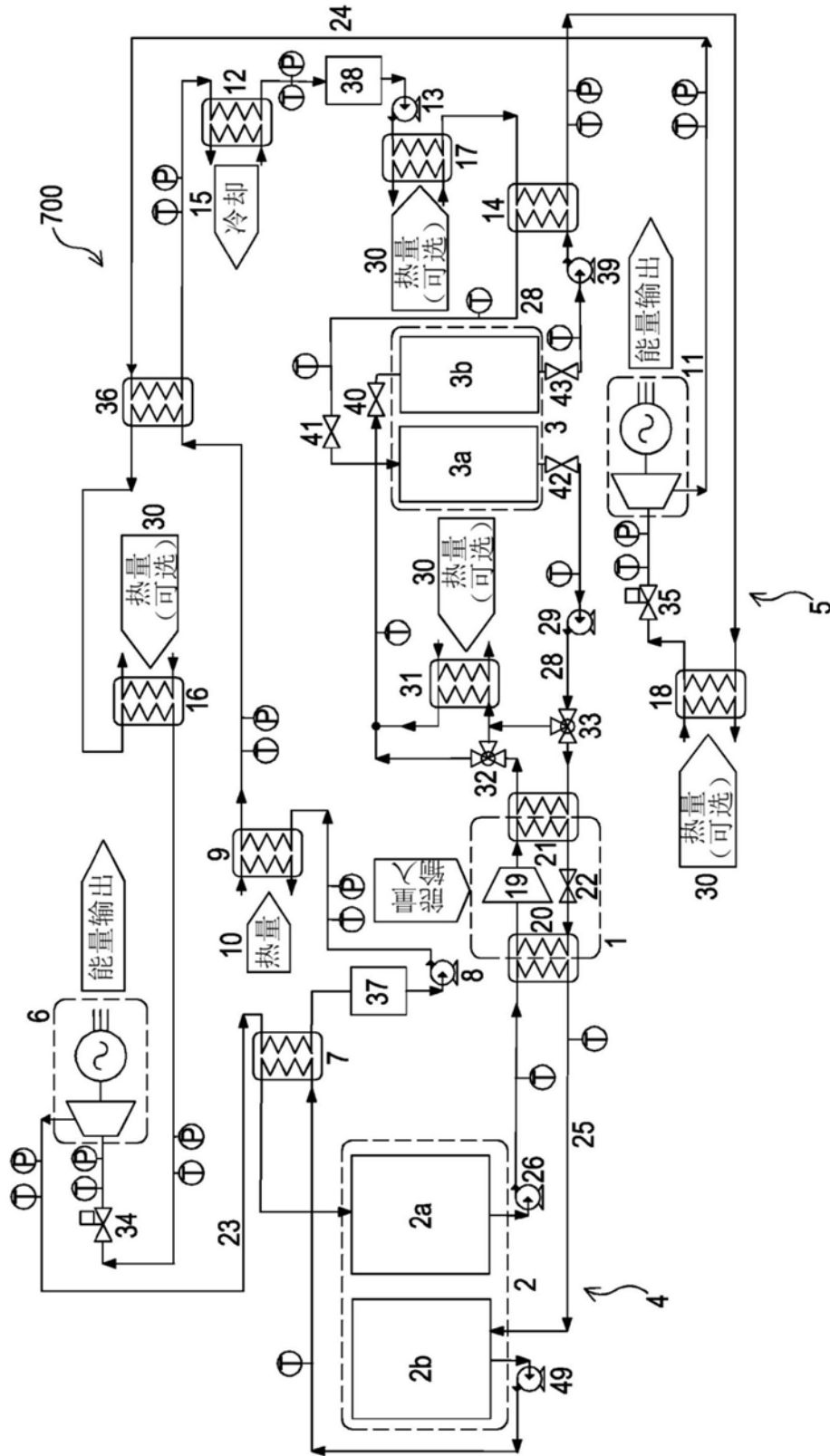


图7

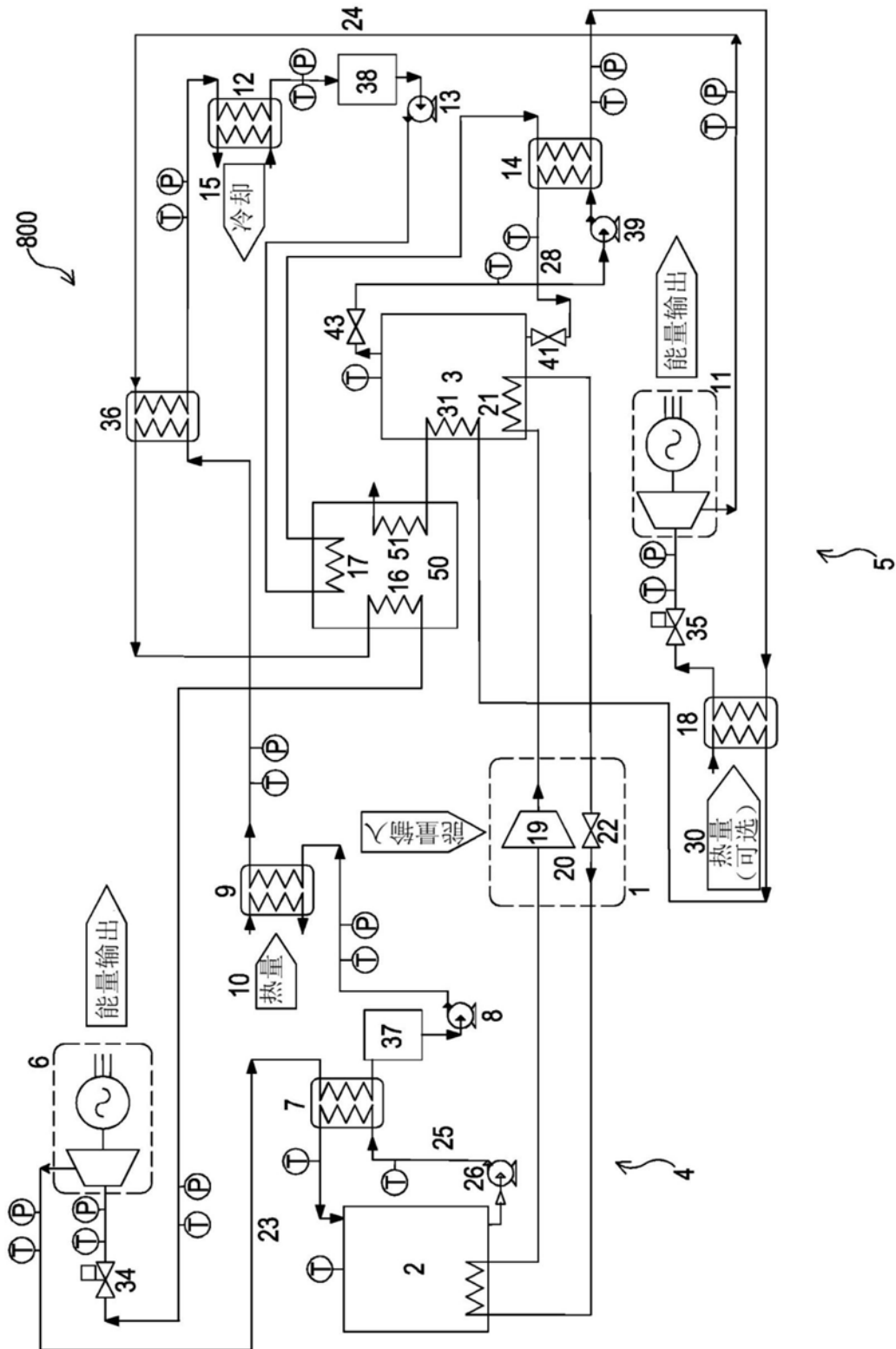


图8

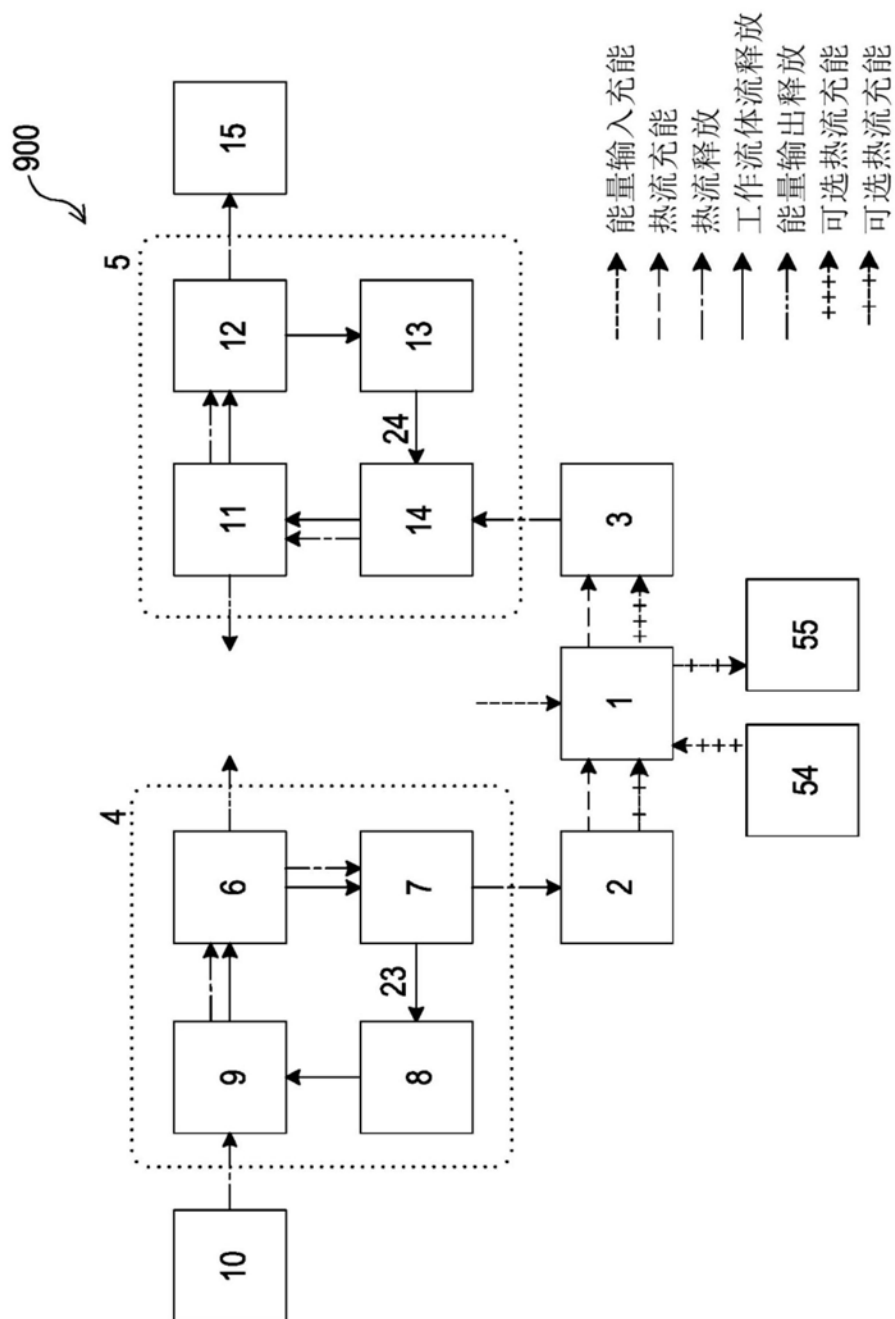


图9

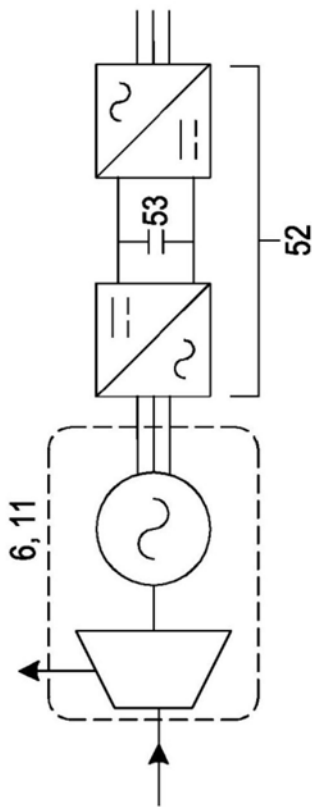


图10