



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106988812 B

(45)授权公告日 2019.01.04

(21)申请号 201710327772.X

审查员 靳文强

(22)申请日 2017.05.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106988812 A

(43)申请公布日 2017.07.28

(73)专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15  
号

(72)发明人 潘利生 史维秀 马月婧 魏小林

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.

F01K 25/10(2006.01)

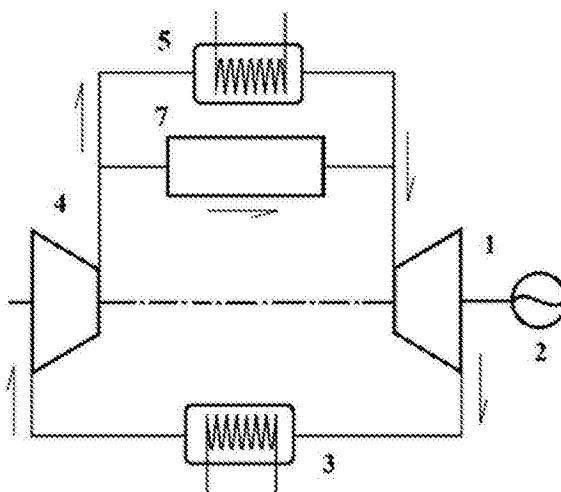
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统

(57)摘要

本发明一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统，包括：膨胀部件(1)、发电机(2)、冷却器(3)、压缩机(4)、加热器(5)、储能器(7)。本发明主要利用超临界CO<sub>2</sub>工质储能的方法，将多余的波动性热能以高温CO<sub>2</sub>工质的形式储存到储能器中，在有热量需要时释放出来，以充当热量来源，尤其是在增加回热器的基础上，进一步提高了系统循环效率；并且设计了多种储能器，解决了热能波动性的问题，提高了发电稳定性和连续性，保证了动力循环系统中热能供应的稳定性和连续性，特别适合太阳热能发电领域。



1. 一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,其特征在于,它包括:膨胀部件(1)、发电机(2)、冷却器(3)、压缩机(4)、加热器(5)、储能器(7);

所述膨胀部件(1)出口与所述冷却器(3)入口相连,所述冷却器(3)出口与所述压缩机(4)入口相连,所述压缩机(4)出口与两条管路相连,第一条管路与所述加热器(5)入口相连,第二条管路与所述储能器(7)入口相连,所述加热器(5)出口与所述储能器(7)出口均与所述膨胀部件(1)入口相连;

所述膨胀部件(1)用于使高压高温的超临界CO<sub>2</sub>流体膨胀对所述发电机(2)输出轴功,并将做功后的低压低温超临界CO<sub>2</sub>流体输送给所述冷却器(3);所述膨胀部件(1)与所述压缩机(4)采用同轴连接,所述压缩机(4)由所述膨胀部件(1)带动;

所述发电机(2)用于将所述膨胀部件(1)输出的轴功转换为电能;

所述冷却器(3)用于将所述膨胀部件(1)输送的做功后的CO<sub>2</sub>流体冷却成低压低温的CO<sub>2</sub>流体,再输送给所述压缩机(4);

所述压缩机(4)用于提升CO<sub>2</sub>流体的压力,再分别送给所述加热器(5)和所述储能器(7);

所述加热器(5)用于提升CO<sub>2</sub>流体温度,再送入所述膨胀部件(1)做功,完成一次循环;

所述储能器(7)用于当波动性热源造成所述加热器(5)产生的高压高温CO<sub>2</sub>流体超过所述膨胀部件(1)稳定运行需求时,存储富余的高压高温CO<sub>2</sub>流体;当波动性热源造成所述加热器(5)产生的高压高温CO<sub>2</sub>流体低于所述膨胀部件(1)稳定运行需求时,释放存储的高压高温CO<sub>2</sub>流体;所述储能器(7)壁面采用隔热材料制成,外表面涂抹和包裹保温隔热材料;

所述储能器(7)包括:低温侧腔体、高温侧腔体、滑动密封活塞;

所述滑动密封活塞用于隔离所述低温侧腔体和所述高温侧腔体,当所述高温侧腔体高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体侧运动,所述储能器存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件稳定运行;当所述低温侧腔体高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体侧运动,所述储能器存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体。

2. 如权利要求书1所述的一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,其特征在于:它还包括回热器(6);

所述回热器(6)的低压侧入口与所述膨胀部件(1)出口相连,所述回热器(6)低压侧出口与所述冷却器(3)入口相连;

所述回热器(6)高压侧入口与所述压缩机(4)出口相连,所述回热器(6)高压侧出口与所述加热器(5)入口和所述储能器(7)入口同时连接;

所述回热器(6)用于将低压CO<sub>2</sub>流体的热能量传导给从所述压缩机(4)输送给所述加热器(5)和所述储能器(7)的CO<sub>2</sub>流体。

3. 如权利要求书1或2所述的一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,其特征在于:所述储能器(7)包括:低温侧腔体A(8)、高温侧腔体A(9)、滑动密封活塞A(10);

所述低温侧腔体A(8)与所述高温侧腔体A(9)置于同一腔体中,所述滑动密封活塞A(10)位于腔体内部,一侧为所述低温侧腔体A(8),一侧为所述高温侧腔体A(9);

所述低温侧腔体A(8)为密封空腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体A(8)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

所述高温侧腔体A(9)为密封空腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体A(9)具

有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

所述滑动密封活塞A(10)用于隔离所述低温侧腔体A(8)和所述高温侧腔体A(9),当所述高温侧腔体A(9)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体A(8)侧运动,储能器存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体A(8)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体A(9)侧运动,储能器存储低温CO<sub>2</sub>流体,

输出高温CO<sub>2</sub>流体;所述滑动密封活塞A(10)与腔体间的密封采用油膜密封方式;所述滑动密封活塞A(10)沿滑动方向的两端面及侧面由保温隔热材料制成。

4. 如权利要求书1或2所述的一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,其特征在于:所述储能器(7)包括:低温侧腔体B(11)、高温侧腔体B(13)、滑动密封活塞B(12)、密封活塞弹簧B(14):

所述低温侧腔体B(11)为独立腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体B(11)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

所述高温侧腔体B(13)为独立腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体B(13)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

所述低温侧腔体B(11)沿所述滑动密封活塞B(12)滑动方向的截面积小于所述高温侧腔体B(13)沿所述滑动密封活塞B(12)滑动方向的截面积,用于消除恒定压力下超临界CO<sub>2</sub>流体升温后比容增大对储能器的影响;

所述滑动密封活塞B(12)用于隔离所述低温侧腔体B(11)和所述高温侧腔体B(13),当所述高温侧腔体B(13)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体B(11)侧运动,所述储能器(7)存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体B(11)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体B(13)侧运动,所述储能器(7)存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体;

所述滑动密封活塞B(12)为直线型非等截面双头活塞,分别为低温侧活塞和高温侧活塞,低温侧活塞截面积小于高温侧活塞截面积,中间采用变径圆柱连接;所述滑动密封活塞B(12)沿滑动方向的两端面及侧面由隔热材料制成,具有保温隔热功能;所述滑动密封活塞B(12)变径圆柱表面涂抹和包裹保温隔热材料;

所述滑动密封活塞B(12)低温侧活塞与所述低温侧腔体B(11)连接,构成所述低温侧腔体可滑动壁面,高温侧活塞与所述高温侧腔体B(13)连接,构成所述高温侧腔体可滑动壁面;

所述密封活塞弹簧B(14)为刚性弹簧,置于所述高温侧腔体B(13)内部,用于限制所述滑动密封活塞B(12)远离所述高温侧腔体B(13)的距离,用以消除所述滑动密封活塞B(12)两侧活塞截面面积不同造成的受力不平衡。

5. 如权利要求书1或2所述的一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,其特征在于:所述储能器(7)包括:低温侧腔体C(15)、高温侧腔体C(17)、滑动密封活塞C(16)、密封活塞弹簧C(18):

所述低温侧腔体C(15)与所述高温侧腔体C(17)置于同一腔体中,所述滑动密封活塞C

(16) 位于腔体内部,一侧为所述低温侧腔体C(15),一侧为所述高温侧腔体C(17);

所述低温侧腔体C(15)为密封空腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体C(15)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

所述高温侧腔体A(9)为密封空腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体C(17)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

所述低温侧腔体C(15)沿所述滑动密封活塞C(16)滑动方向的截面积小于所述高温侧腔体C(17)沿所述滑动密封活塞C(16)滑动方向的截面积,用于消除恒定压力下超临界CO<sub>2</sub>流体升温后比容增大对储能器的影响;

所述滑动密封活塞C(16)用于隔离所述低温侧腔体C(15)和所述高温侧腔体C(17),当所述高温侧腔体C(17)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体(16)侧运动,所述储能器(7)存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体C(15)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体C(17)侧运动,所述储能器(7)存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体;

所述滑动密封活塞C(16)为工字型双头活塞,分别为低温侧活塞和高温侧活塞,高温侧活塞截面积大于低温侧活塞截面积,中间采用等径圆柱连接;所述滑动密封活塞C(16)低温侧活塞与所述低温侧腔体C(15)连接,高温侧活塞与所述高温侧腔体C(17)连接;所述滑动密封活塞C(16)与腔体间的密封采用油膜密封方式;所述滑动密封活塞C(16)沿滑动方向的两端面及侧面由隔热材料制成,具有保温隔热功能;

所述密封活塞弹簧C(18)为刚性弹簧,置于所述高温侧腔体C(17)内部,用于限制所述滑动密封活塞C(16)远离所述高温侧腔体C(17)的距离,用以消除所述滑动密封活塞C(16)两侧活塞截面面积不同造成的受力不平衡。

## 一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于动力循环技术领域,特别涉及一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统。

### 背景技术

[0002] 目前,能源的利用一直都是社会发展的关键性问题。在资源短缺和污染严重大环境下,取用方便且稳定的热源已经逐渐被开发完毕,而相对难以利用的波动性热源储量丰富,正处于亟待开发利用的阶段。波动性热源主要是指太阳能、波动性工业余热等能源。太阳能作为一种可持续能源,以其成本低廉、储量无限性、清洁性等优秀特质,成为了最具竞争力的波动性热源,其应用技术也取得了较大进展和突破。在波动性热源动力循环技术中,存在着两大问题:一是以水为循环工质的动力循环(朗肯循环),存在热效率低的问题;二是由于波动性热源参数的不稳定性和不连续性导致系统发电周期和用电需求不匹配等问题。

[0003] 储能蓄热系统已成为衡量波动性热源动力循环效率的重要标准。储能/释能的动力循环系统也将成为大型动力循环系统的趋势,用于热能的储存及动力转换利用。超临界CO<sub>2</sub>是本发明中的循环工作介质。自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环方法及系统,可以达到提高发电效率和提高循环系统的稳定性和连续性的目的。

[0004] 专利201410752892.0公布了一种以二氧化碳为工作介质的定压型储能系统,收集二氧化碳压缩过程中的热量,并利用到无补充热量的系统中,以达到提高系统的效率的目的。专利 201310382394.7公布了一种以二氧化碳为工作介质的压缩气体储能系统,以实现定压/定容的储能/释能的转换。专利200810104125.3公布了一种有效利用太阳能或废热等低品质热能作为供应能源,驱动循环工质在超临界CO<sub>2</sub>动力循环中流动的供能系统。专利 201010277740.1公布了一种带蓄热的超临界CO<sub>2</sub>的太阳能热发电系统,提高系统的效率与经济效益。

[0005] 本发明公开的一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,该系统主要利用超临界CO<sub>2</sub>工质储能的方法,将多余的波动性热能以高温CO<sub>2</sub>工质的形式储存到储能器中,在有热量需要时释放出来,以充当热量来源,解决波动性热能发电不稳定,不连续的问题,并且提高系统循环效率。设置回热器回收膨胀部件(膨胀机/汽轮机)出口高温余热,减少热能损失,提高热能的使用效率。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是:提供一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,解决波动性热能发电不稳定、不连续的问题,进一步提高系统循环效率,降低工业成本。

[0007] 本发明的技术方案是:一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统它包括:膨胀部件(1)、发电机(2)、冷却器(3)、压缩机(4)、加热器(5)、储能器(7);

[0008] 所述膨胀部件(1)出口与所述冷却器(3)入口相连,所述冷却器(3)出口与所述压缩机(4)入口相连,所述压缩机(4)出口与两条管路相连,第一条管路与所述加热器(5)入口相连,第二条管路与所述储能器(7)入口相连,所述加热器(5)出口与所述储能器(7)出口

均与所述膨胀部件(1)入口相连；

[0009] 所述膨胀部件(1)用于使高压高温的超临界CO<sub>2</sub>流体膨胀对所述发电机(2)输出轴功，并将做功后的低压低温超临界CO<sub>2</sub>流体输送给所述冷却器(3)；所述膨胀部件(1)与所述压缩机(4)采用同轴连接，所述压缩机(4)由所述膨胀部件(1)带动；

[0010] 所述发电机(2)用于将所述膨胀部件(1)输出的轴功转换为电能；

[0011] 所述冷却器(3)用于将所述膨胀部件(1)输送的做功后的CO<sub>2</sub>流体冷却成低压低温的CO<sub>2</sub>流体，再输送给所述压缩机(4)；

[0012] 所述压缩机(4)用于提升CO<sub>2</sub>流体的压力，再分别送给所述加热器(5)和所述储能器(7)；

[0013] 所述加热器(5)用于提升CO<sub>2</sub>流体温度，再送入所述膨胀部件(1)做功，完成一次循环；

[0014] 所述储能器(7)用于当波动性热源造成所述加热器(5)产生的高压高温CO<sub>2</sub>流体超过所述膨胀部件(1)稳定运行需求时，存储富余的高压高温CO<sub>2</sub>流体；当波动性热源造成所述加热器(5)产生的高压高温CO<sub>2</sub>流体低于所述膨胀部件(1)稳定运行需求时，释放存储的高压高温CO<sub>2</sub>流体；所述储能器(7)壁面采用隔热材料制成，外表面涂抹和包裹保温隔热材料。

[0015] 更进一步地，上述自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统，它还包括回热器(6)；

[0016] 所述回热器(6)的低压侧入口与所述膨胀部件(1)出口相连，所述回热器(6)低压侧出口与所述冷却器(3)入口相连；

[0017] 所述回热器(6)高压侧入口与所述压缩机(4)出口相连，所述回热器(6)高压侧出口与所述加热器(5)入口和所述储能器(7)入口同时连接；

[0018] 所述回热器(6)用于将低压CO<sub>2</sub>流体的热能量传导给从所述压缩机(4)输送给所述加热器(5)和所述储能器(7)的CO<sub>2</sub>流体。

[0019] 更进一步地，所述储能器(7)包括：低温侧腔体A(8)、高温侧腔体A(9)、滑动密封活塞A(10)：

[0020] 所述低温侧腔体A(8)与所述高温侧腔体A(9)置于同一腔体中，所述滑动密封活塞A(10)位于腔体内部，一侧为所述低温侧腔体A(8)，一侧为所述高温侧腔体A(9)；

[0021] 所述低温侧腔体A(8)为密封空腔体，与所述压缩机(4)连接；所述低温侧腔体A(8)具有一个入口/出口，用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出，具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面，其容积变化由滑动活塞的滑动量决定；

[0022] 所述高温侧腔体A(9)为密封空腔体，与所述膨胀部件(1)连接；所述高温侧腔体A(9)具有一个入口/出口，用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出，具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面，其容积变化由滑动活塞的滑动量决定；

[0023] 所述滑动密封活塞A(10)用于隔离所述低温侧腔体A(8)和所述高温侧腔体A(9)，当所述高温侧腔体A(9)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时，向所述低温侧腔体A(8)侧运动，储能器存储高温CO<sub>2</sub>流体，输出低温CO<sub>2</sub>流体，维持所述膨胀部件(1)稳定运行；当所述低温侧腔体A(8)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时，向所述高温侧腔体A(9)侧运动，储能器存储低温CO<sub>2</sub>流体，输出高温CO<sub>2</sub>流体；所述滑动密封活塞A(10)与腔体间的密封采用油膜密封等密封方式；所述滑动密封活塞A(10)沿滑动方向的两端面及侧面由保温隔热材料制成。

[0024] 更进一步地,所述储能器(7)包括:低温侧腔体B(11)、高温侧腔体B(13)、滑动密封活塞B(12)、密封活塞弹簧B(14) :

[0025] 所述低温侧腔体B(11)为独立腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体B(11)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0026] 所述高温侧腔体B(13)为独立腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体B(13)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0027] 所述低温侧腔体B(11)沿所述滑动密封活塞B(12)滑动方向的截面积小于所述高温侧腔体B(13)沿所述滑动密封活塞B(12)滑动方向的截面积,用于消除恒定压力下超临界CO<sub>2</sub>流体升温后比容增大对储能器的影响;

[0028] 所述滑动密封活塞B(12)用于隔离所述低温侧腔体B(11)和所述高温侧腔体B(13),当所述高温侧腔体B(13)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体B(11)侧运动,所述储能器(7)存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体B(11)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体B(13)侧运动,所述储能器(7)存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体;

[0029] 所述滑动密封活塞B(12)为直线型非等截面双头活塞,分别为低温侧活塞和高温侧活塞,低温侧活塞截面积小于高温侧活塞截面积,中间采用变径圆柱连接;所述滑动密封活塞B(12)沿滑动方向的两端面及侧面由隔热材料制成,具有保温隔热功能;所述滑动密封活塞B(12)变径圆柱表面涂抹和包裹保温隔热材料;

[0030] 所述滑动密封活塞B(12)低温侧活塞与所述低温侧腔体B(11)连接,构成所述低温侧腔体可滑动壁面,高温侧活塞与所述高温侧腔体B(13)连接,构成所述高温侧腔体可滑动壁面;

[0031] 所述密封活塞弹簧B(14)为刚性弹簧,置于所述高温侧腔体B(13)内部,用于限制所述滑动密封活塞B(12)远离所述高温侧腔体B(13)的距离,用以消除所述滑动密封活塞B(12)两侧活塞截面面积不同造成的受力不平衡。

[0032] 更进一步地,所述储能器(7)包括:低温侧腔体C(15)、高温侧腔体C(17)、滑动密封活塞C(16)、密封活塞弹簧C(18) :

[0033] 所述低温侧腔体C(15)与所述高温侧腔体C(17)置于同一腔体中,所述滑动密封活塞C(16)位于腔体内部,一侧为所述低温侧腔体C(15),一侧为所述高温侧腔体C(17);

[0034] 所述低温侧腔体C(15)为密封空腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体C(15)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0035] 所述高温侧腔体A(9)为密封空腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体C(17)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0036] 所述低温侧腔体C(15)沿所述滑动密封活塞C(16)滑动方向的截面积小于所述高温侧腔体C(17)沿所述滑动密封活塞C(16)滑动方向的截面积,用于消除恒定压力下超临界CO<sub>2</sub>流体升温后比容增大对储能器的影响;

[0037] 所述滑动密封活塞C(16)用于隔离所述低温侧腔体C(15)和所述高温侧腔体C(17),当所述高温侧腔体C(17)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体(16)侧运动,所述储能器(7)存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体C(15)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体C(17)侧运动,所述储能器(7)存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体;

[0038] 所述滑动密封活塞C(16)为工字型双头活塞,分别为低温侧活塞和高温侧活塞,高温侧活塞截面积大于低温侧活塞截面积,中间采用等径圆柱连接;所述滑动密封活塞C(16)低温侧活塞与所述低温侧腔体C(15)连接,高温侧活塞与所述高温侧腔体C(17)连接;所述滑动密封活塞C(16)与腔体间的密封采用油膜密封等密封方式;所述滑动密封活塞C(16)沿滑动方向的两端面及侧面由隔热材料制成,具有保温隔热功能;

[0039] 所述密封活塞弹簧C(18)为刚性弹簧,置于所述高温侧腔体C(17)内部,用于限制所述滑动密封活塞C(16)远离所述高温侧腔体C(17)的距离,用以消除所述滑动密封活塞C(16)两侧活塞截面面积不同造成的受力不平衡。

[0040] 本发明主要利用超临界CO<sub>2</sub>流体储能的方法,将多余的波动性热能以高温CO<sub>2</sub>流体的形式储存到储能器中,在有热量需要时释放出来,以充当热量来源,尤其是在增加回热器的基础上,进一步提高了系统循环效率;并且设计了多种储能器,解决了热能波动性的问题,提高了发电稳定性和连续性,保证了动力循环系统中热能供应的稳定性和连续性。本发明非常适合太阳热能发电领域,白天工况运行结束后,储能器中储存了最大量的高温工质和最小量的低温工质,系统在夜间运行期间,加热器中没有工质流过,高温高压工质只来源于储能器高温侧,推动膨胀部件做功发电,储能器高温侧容积不断减小,低温侧容积不断增大,吸收大量夜间无法加热的低温工质用于白天吸收太阳热能。

## 附图说明

[0041] 图1为本发明无回热器自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环流程示意图;

[0042] 图2为本发明带回热器自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环流程示意图;

[0043] 图3为本发明第一种储能器的结构示意图;

[0044] 图4为本发明第二种储能器的结构示意图;

[0045] 图5为本发明第三种储能器的结构示意图。

[0046] 1—膨胀部件,2—发电机,3—冷却器,4—压缩机,5—加热器,6—回热器,7—储能器,8—低温侧腔体A,9—高温侧腔体A,10—滑动密封活塞A,11—低温侧腔体B,12—滑动密封活塞B,13—高温侧腔体B,14—密封活塞弹簧B,15—低温侧腔体C,16—滑动密封活塞C,17—高温侧腔体C,18—密封活塞弹簧C

## 具体实施方式

[0047] 实施例1:参见图1,一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,它包括:它包括:膨胀部件(1)、发电机(2)、冷却器(3)、压缩机(4)、加热器(5)、储能器(7);

[0048] 所述膨胀部件(1)出口与所述冷却器(3)入口相连,所述冷却器(3)出口与所述压缩机(4)入口相连,所述压缩机(4)出口与两条管路相连,第一条管路与所述加热器(5)入口相连,第二条管路与所述储能器(7)入口相连,所述加热器(5)出口与所述储能器(7)出口

均与所述膨胀部件(1)入口相连;

[0049] 所述膨胀部件(1)用于使高压高温的超临界CO<sub>2</sub>流体膨胀对所述发电机(2)输出轴功,并将做功后的低压低温超临界CO<sub>2</sub>流体输送给所述冷却器(3);所述膨胀部件(1)与所述压缩机(4)采用同轴连接,所述压缩机(4)由所述膨胀部件(1)带动;

[0050] 所述发电机(2)用于将所述膨胀部件(1)输出的轴功转换为电能;

[0051] 所述冷却器(3)用于将所述膨胀部件(1)输送的做功后的CO<sub>2</sub>流体冷却成低压低温的CO<sub>2</sub>流体,再输送给所述压缩机(4);

[0052] 所述压缩机(4)用于提升CO<sub>2</sub>流体的压力,再分别送给所述加热器(5)和所述储能器(7);

[0053] 所述加热器(5)用于提升CO<sub>2</sub>流体温度,再送入所述膨胀部件(1)做功,完成一次循环;

[0054] 所述储能器(7)用于当波动性热源造成所述加热器(5)产生的高压高温CO<sub>2</sub>流体超过所述膨胀部件(1)稳定运行需求时,存储富余的高压高温CO<sub>2</sub>流体;当波动性热源造成所述加热器(5)产生的高压高温CO<sub>2</sub>流体低于所述膨胀部件(1)稳定运行需求时,释放存储的高压高温CO<sub>2</sub>流体;所述储能器(7)壁面采用隔热材料制成,外表面涂抹和包裹保温隔热材料。

[0055] 实施例2:参见图2,上述一种自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,它还包括回热器(6);

[0056] 所述回热器(6)的低压侧入口与所述膨胀部件(1)出口相连,所述回热器(6)低压侧出口与所述冷却器(3)入口相连;

[0057] 所述回热器(6)高压侧入口与所述压缩机(4)出口相连,所述回热器(6)高压侧出口与所述加热器(5)入口和所述储能器(7)入口同时连接;

[0058] 所述回热器(6)用于将低压CO<sub>2</sub>流体的热能量传导给从所述压缩机(4)输送给所述加热器(5)和所述储能器(7)的CO<sub>2</sub>流体。

[0059] 实施例3:参见图3,上述自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,所述储能器(7)包括:低温侧腔体A(8)、高温侧腔体A(9)、滑动密封活塞A(10):

[0060] 所述低温侧腔体A(8)与所述高温侧腔体A(9)置于同一腔体中,所述滑动密封活塞A(10)位于腔体内部,一侧为所述低温侧腔体A(8),一侧为所述高温侧腔体A(9);

[0061] 所述低温侧腔体A(8)为密封空腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体A(8)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0062] 所述高温侧腔体A(9)为密封空腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体A(9)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0063] 所述滑动密封活塞A(10)用于隔离所述低温侧腔体A(8)和所述高温侧腔体A(9),当所述高温侧腔体A(9)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体A(8)侧运动,储能器存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体A(8)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体A(9)侧运动,储能器存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体;所述滑动密封活塞A(10)与腔体间的密封采用油膜密封等密封方式;所述滑动

密封活塞A(10)沿滑动方向的两端面及侧面由保温隔热材料制成。

[0064] 实施例4:参见图4,上述自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,所述储能器(7)包括:低温侧腔体B(11)、高温侧腔体B(13)、滑动密封活塞B(12)、密封活塞弹簧B(14) :

[0065] 所述低温侧腔体B(11)为独立腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体B(11)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0066] 所述高温侧腔体B(13)为独立腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体B(13)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0067] 所述低温侧腔体B(11)沿所述滑动密封活塞B(12)滑动方向的截面积小于所述高温侧腔体B(13)沿所述滑动密封活塞B(12)滑动方向的截面积,用于消除恒定压力下超临界CO<sub>2</sub>流体升温后比容增大对储能器的影响;

[0068] 所述滑动密封活塞B(12)用于隔离所述低温侧腔体B(11)和所述高温侧腔体B(13),当所述高温侧腔体B(13)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时,向所述低温侧腔体B(11)侧运动,所述储能器(7)存储高温CO<sub>2</sub>流体,输出低温CO<sub>2</sub>流体,维持所述膨胀部件(1)稳定运行;当所述低温侧腔体B(11)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时,向所述高温侧腔体B(13)侧运动,所述储能器(7)存储低温CO<sub>2</sub>流体,输出高温CO<sub>2</sub>流体;

[0069] 所述滑动密封活塞B(12)为直线型非等截面双头活塞,分别为低温侧活塞和高温侧活塞,低温侧活塞截面积小于高温侧活塞截面积,中间采用变径圆柱连接;所述滑动密封活塞B(12)沿滑动方向的两端面及侧面由隔热材料制成,具有保温隔热功能;所述滑动密封活塞B(12)变径圆柱表面涂抹和包裹保温隔热材料;

[0070] 所述滑动密封活塞B(12)低温侧活塞与所述低温侧腔体B(11)连接,构成所述低温侧腔体可滑动壁面,高温侧活塞与所述高温侧腔体B(13)连接,构成所述高温侧腔体可滑动壁面;

[0071] 所述密封活塞弹簧B(14)为刚性弹簧,置于所述高温侧腔体B(13)内部,用于限制所述滑动密封活塞B(12)远离所述高温侧腔体B(13)的距离,用以消除所述滑动密封活塞B(12)两侧活塞截面面积不同造成的受力不平衡。

[0072] 实施例5:参见图5,上述自储能超临界CO<sub>2</sub>动力循环系统,所述储能器(7)包括:低温侧腔体C(15)、高温侧腔体C(17)、滑动密封活塞C(16)、密封活塞弹簧C(18) :

[0073] 所述低温侧腔体C(15)与所述高温侧腔体C(17)置于同一腔体中,所述滑动密封活塞C(16)位于腔体内部,一侧为所述低温侧腔体C(15),一侧为所述高温侧腔体C(17);

[0074] 所述低温侧腔体C(15)为密封空腔体,与所述压缩机(4)连接;所述低温侧腔体C(15)具有一个入口/出口,用于低温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0075] 所述高温侧腔体A(9)为密封空腔体,与所述膨胀部件(1)连接;所述高温侧腔体C(17)具有一个入口/出口,用于高温超临界CO<sub>2</sub>流体的流入和流出,具有一个由滑动密封活塞构成的可滑动壁面,其容积变化由滑动活塞的滑动量决定;

[0076] 所述低温侧腔体C(15)沿所述滑动密封活塞C(16)滑动方向的截面积小于所述高温侧腔体C(17)沿所述滑动密封活塞C(16)滑动方向的截面积,用于消除恒定压力下超临界

CO<sub>2</sub>流体升温后比容增大对储能器的影响；

[0077] 所述滑动密封活塞C(16)用于隔离所述低温侧腔体C(15)和所述高温侧腔体C(17)，当所述高温侧腔体C(17)高压高温CO<sub>2</sub>流体增加时，向所述低温侧腔体(16)侧运动，所述储能器(7)存储高温CO<sub>2</sub>流体，输出低温CO<sub>2</sub>流体，维持所述膨胀部件(1)稳定运行；当所述低温侧腔体C(15)高压高温CO<sub>2</sub>流体增多时，向所述高温侧腔体C(17)侧运动，所述储能器(7)存储低温CO<sub>2</sub>流体，输出高温CO<sub>2</sub>流体；

[0078] 所述滑动密封活塞C(16)为工字型双头活塞，分别为低温侧活塞和高温侧活塞，高温侧活塞截面积大于低温侧活塞截面积，中间采用等径圆柱连接；所述滑动密封活塞C(16)低温侧活塞与所述低温侧腔体C(15)连接，高温侧活塞与所述高温侧腔体C(17)连接；所述滑动密封活塞C(16)与腔体间的密封采用油膜密封等密封方式；所述滑动密封活塞C(16)沿滑动方向的两端面及侧面由隔热材料制成，具有保温隔热功能；

[0079] 所述密封活塞弹簧C(18)为刚性弹簧，置于所述高温侧腔体C(17)内部，用于限制所述滑动密封活塞C(16)远离所述高温侧腔体C(17)的距离，用以消除所述滑动密封活塞C(16)两侧活塞截面面积不同造成的受力不平衡。

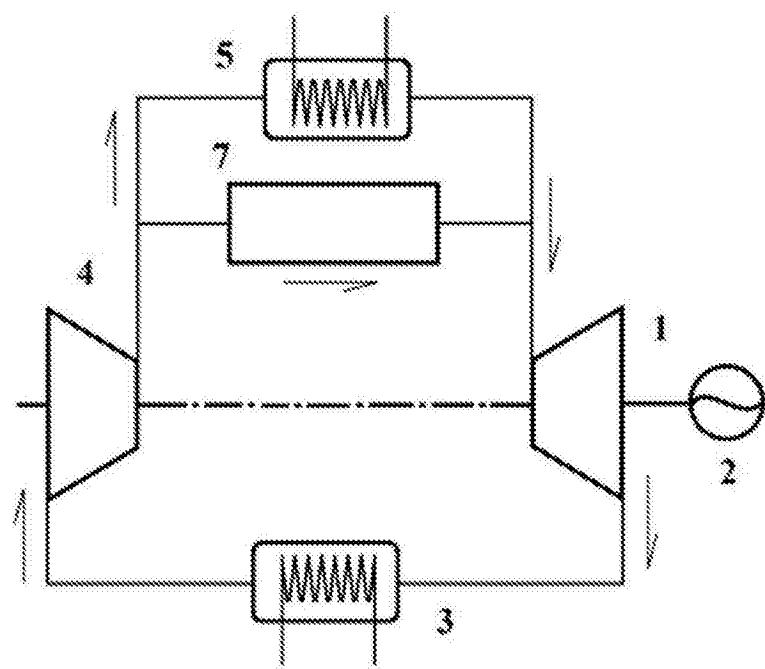


图1

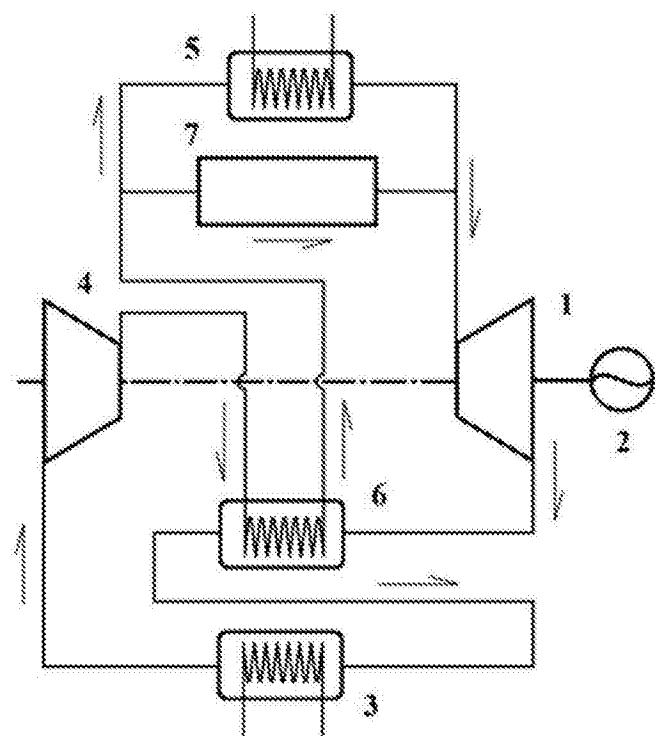


图2

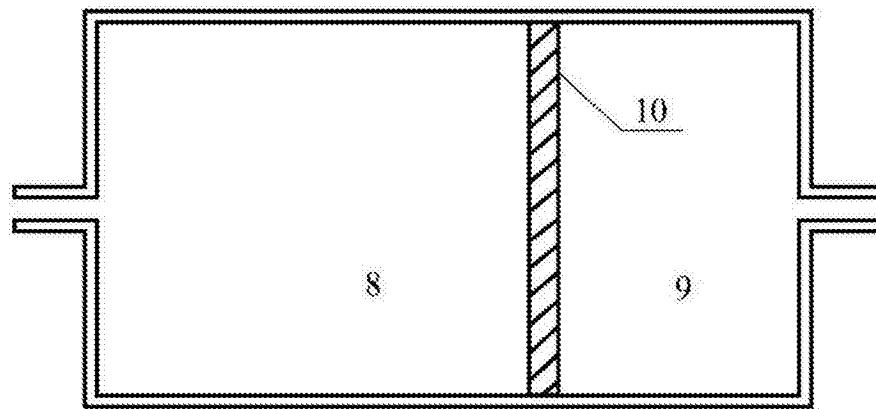


图3

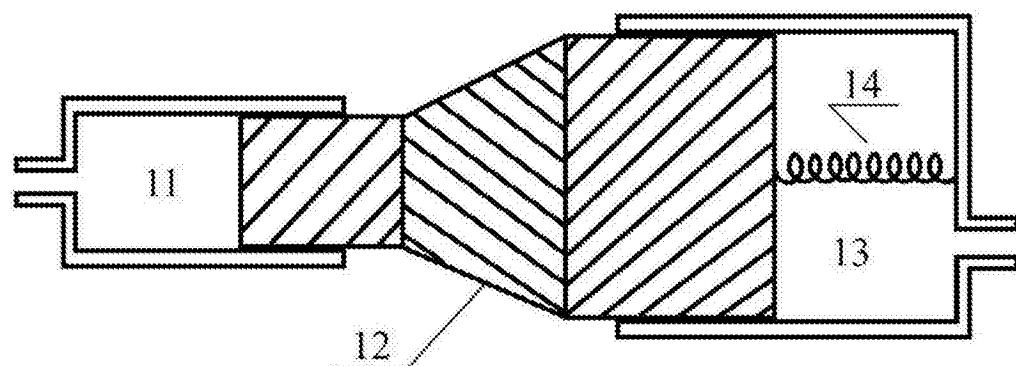


图4

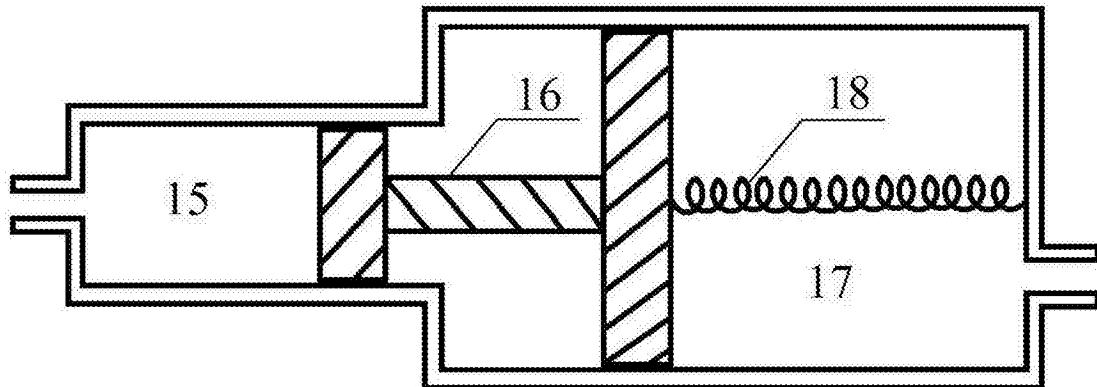


图5