



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 211737228 U

(45) 授权公告日 2020. 10. 23

(21) 申请号 202020216249.7

F03G 6/06 (2006.01)

(22) 申请日 2020.02.26

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(73) 专利权人 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司

地址 102209 北京市昌平区未来科技城华能人才创新创业基地实验楼A楼

(72) 发明人 彭烁 周贤 钟迪 王保民

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 贺小停

(51) Int. Cl.

F01K 25/10 (2006.01)

F01K 13/00 (2006.01)

F03G 4/00 (2006.01)

F03G 6/04 (2006.01)

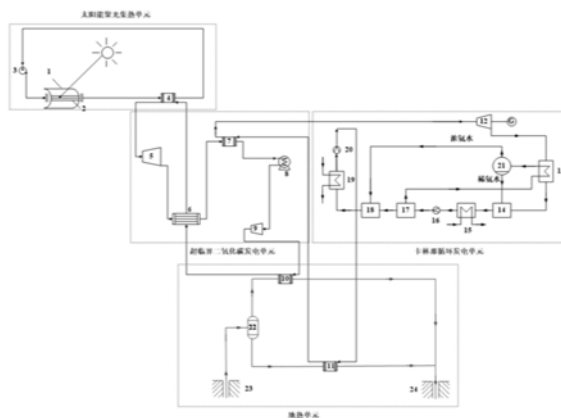
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统

(57) 摘要

本实用新型提供的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,包括太阳能聚光集热单元、超临界二氧化碳发电单元、卡林那循环发电单元和地热单元,其中,所述太阳能聚光集热单元的超临界二氧化碳工质出口与超临界二氧化碳发电单元的入口连接;所述超临界二氧化碳发电单元的过热蒸气出口与卡林那循环发电单元的入口连接;所述地热单元的地热水出口分别与超临界二氧化碳发电单元和卡林那循环发电单元连接;本实用新型以太阳能和地热能两种可再生能源优势互补作为热源,兼具效率和环保优势;地热水经过气液分离后分别为超临界二氧化碳和氨水预热,提高能量利用效率;超临界二氧化碳发电单元回热器出口工质作为卡林那循环发电单元的热源,实现热能梯级利用,提高能源利用效率。



1. 一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,包括太阳能聚光集热单元、超临界二氧化碳发电单元、卡林那循环发电单元和地热单元,其中,所述太阳能聚光集热单元的超临界二氧化碳工质出口与超临界二氧化碳发电单元的入口连接;所述超临界二氧化碳发电单元的过热蒸气出口与卡林那循环发电单元的入口连接;所述地热单元的地热水出口分别与超临界二氧化碳发电单元和卡林那循环发电单元连接。

2. 根据权利要求1所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,太阳能聚光集热单元包括太阳能聚光镜场(1)、吸热器(2)和太阳能加热器(4),其中,太阳能聚光镜场(1)的热能输出端与吸热器(2)连接,所述吸热器(2)的传热工质与太阳能加热器(4)连接,所述太阳能加热器(4)的超临界二氧化碳工质出口与超临界二氧化碳发电单元连接。

3. 根据权利要求2所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,所述太阳能加热器(4)的传热工质出口通过传热工质泵(3)与吸热器(2)的入口连接。

4. 根据权利要求1所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,超临界二氧化碳发电单元包括二氧化碳透平(5)、回热器(6)、卡林那单元换热器(7)和冷却器(8),其中,太阳能聚光集热单元的超临界二氧化碳工质出口与二氧化碳透平(5)的入口相连,二氧化碳透平(5)的乏汽出口与回热器(6)的热端入口相连,回热器(6)的热端出口与卡林那单元换热器(7)的热端入口相连,卡林那单元换热器(7)的热端出口与冷却器(8)的入口相连,冷却器(8)的出口与地热单元的二氧化碳预热器(10)的冷端入口相连,二氧化碳预热器(10)的冷端出口与回热器(6)的冷端入口相连;回热器(6)的冷端出口与太阳能聚光集热单元的二氧化碳入口相连。

5. 根据权利要求4所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,所述冷却器(8)的出口与二氧化碳预热器(10)的冷端入口之间设置有二氧化碳增压装置(9)。

6. 根据权利要求1所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,卡林那循环发电单元包括卡林那透平(12)、卡林那回热器(13)、第一混合器(14)、低压凝汽器(15)、氨分离器(17)、第二混合器(18)、高压凝汽器(19)和气液分离器(21),其中,所述超临界二氧化碳发电单元的过热蒸气出口与卡林那透平(12)的入口相连,卡林那透平(12)的乏汽出口与卡林那回热器(13)的热端入口相连,卡林那回热器(13)的热端出口与第一混合器(14)的入口相连,第一混合器(14)的出口与低压凝汽器(15)的入口相连,低压凝汽器(15)的出口与氨分离器(17)的入口相连,氨分离器(17)的出口分别与第二混合器(18)的入口和卡林那回热器(13)的冷端入口相连,卡林那回热器(13)的冷端出口与气液分离器(21)的入口相连,气液分离器(21)的浓氨水出口与第二混合器(18)的入口相连,气液分离器(21)的稀氨水出口与第一混合器(14)的入口相连,第二混合器(18)的出口与高压凝汽器(19)的入口相连,高压凝汽器(19)的出口经过地热单元与所述超临界二氧化碳发电单元相连。

7. 根据权利要求6所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,所述低压凝汽器(15)的出口与氨分离器(17)的入口之间设置有低压泵(16)。

8. 根据权利要求6所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,所述高压凝汽器(19)的出口与地热单元之间设置有高压泵(20)。

9. 根据权利要求1所述的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,其特征在于,所述地热单元包括二氧化碳预热器(10)、卡林那预热器(11)、闪蒸罐(22)、主地热井(23)和副地热井(24),其中,主地热井(23)的热水出口连接闪蒸罐(22)的入口,闪蒸罐(22)的水蒸气出口连接二氧化碳预热器(10)的热端入口,二氧化碳预热器(10)的热端出口连接副地热井(24);闪蒸罐(22)的水出口连接卡林那预热器(11)的热端入口,所述卡林那预热器(11)的热端出口连接副地热井(24);

所述卡林那预热器(11)的冷端连接卡林那循环发电单元;所述二氧化碳预热器(10)的冷端连接超临界二氧化碳发电单元。

## 一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于超临界二氧化碳发电技术领域,尤其涉及一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统。

### 背景技术

[0002] 目前太阳能热发电系统较常用的动力循环包括以水为工质的朗肯循环和以空气为工质的布雷顿循环,系统效率受到一定限制。为了突破传统动力系统的瓶颈,一些新概念先进动力系统受到学术界和工业界越来越多的关注,以超临界二氧化碳为代表的超临界工质具有能量密度大,传热效率高,系统简单等先天优势,可以大幅提高热功转换效率,减小设备体积,具有很高的经济性。

[0003] 太阳能发电和地热发电都属于可再生的清洁能源发电,但都存在各自较为明显的缺陷。太阳能聚光成本较高,发电量受辐射强度不稳定的限制;而地热能发电成本较低,发电量受最高温度的限制,且效率不高。对于地热能,引入一种高品位的能源作为其顶部循环,将有利于原系统的功率输出并且在一定程度上提高系统热效率;而对于太阳能,地热能是一个稳定的能量输出,这将能够克服因为太阳辐照不稳定带来的发电输出不稳定,并且地热能的投资较太阳能低,联合循环能够共用某些设备,因此从成本角度考虑也有利。所以,将太阳能与地热能进行联合运行将是一种高效利用可再生能源的方式,也是能源多级利用原则的体现。

### 发明内容

[0004] 本实用新型的目的在于提供一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,解决了现有技术存在的上述不足。

[0005] 为了达到上述目的,本实用新型采用的技术方案是:

[0006] 本实用新型提供的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,包括太阳能聚光集热单元、超临界二氧化碳发电单元、卡林那循环发电单元和地热单元,其中,所述太阳能聚光集热单元的超临界二氧化碳工质出口与超临界二氧化碳发电单元的入口连接;所述超临界二氧化碳发电单元的过热蒸气出口与卡林那循环发电单元的入口连接;所述地热单元的地热水出口分别与超临界二氧化碳发电单元和卡林那循环发电单元连接。

[0007] 优选地,太阳能聚光集热单元包括太阳能聚光镜场、吸热器和太阳能加热器,其中,太阳能聚光镜场的热能输出端与吸热器连接,所述吸热器的传热工质与太阳能加热器连接,所述太阳能加热器的超临界二氧化碳工质出口与超临界二氧化碳发电单元连接。

[0008] 优选地,所述太阳能加热器的传热工质出口通过传热工质泵与吸热器的入口连接。

[0009] 优选地,超临界二氧化碳发电单元包括二氧化碳透平、回热器、卡林那单元换热器

和冷却器,其中,太阳能聚光集热单元的超临界二氧化碳工质出口与二氧化碳透平的入口相连,二氧化碳透平的乏汽出口与回热器的热端入口相连,回热器的热端出口与卡林那单元换热器的热端入口相连,卡林那单元换热器的热端出口与冷却器的入口相连,冷却器的出口与地热单元的二氧化碳预热器的冷端入口相连,二氧化碳预热器的冷端出口与回热器的冷端入口相连;回热器的冷端出口与太阳能聚光集热单元的二氧化碳入口相连。

[0010] 优选地,所述冷却器的出口与二氧化碳预热器的冷端入口之间设置有二氧化碳增压装置。

[0011] 优选地,卡林那循环发电单元包括卡林那透平、卡林那回热器、第一混合器、低压凝汽器、氨分离器、第二混合器、高压凝汽器和气液分离器,其中,所述超临界二氧化碳发电单元的过热蒸气出口与卡林那透平的入口相连,卡林那透平的乏汽出口与卡林那回热器的热端入口相连,卡林那回热器的热端出口与第一混合器的入口相连,第一混合器的出口与低压凝汽器的入口相连,低压凝汽器的出口与氨分离器的入口相连,氨分离器的出口分别与第二混合器的入口和卡林那回热器的冷端入口相连,卡林那回热器的冷端出口与气液分离器的入口相连,气液分离器的浓氨水出口与第二混合器的入口相连,气液分离器的稀氨水出口与第一混合器的入口相连,第二混合器的出口与高压凝汽器的入口相连,高压凝汽器的出口经过地热单元与所述超临界二氧化碳发电单元相连。

[0012] 优选地,所述低压凝汽器的出口与氨分离器的入口之间设置有低压泵。

[0013] 优选地,所述高压凝汽器的出口与地热单元之间设置有高压泵。

[0014] 优选地,所述地热单元包括二氧化碳预热器、卡林那预热器、闪蒸罐、主地热井和副地热井,其中,主地热井的热水出口连接闪蒸罐的入口,闪蒸罐的水蒸气出口连接二氧化碳预热器的热端入口,二氧化碳预热器的热端出口连接副地热井;闪蒸罐的水出口连接卡林那预热器的热端入口,所述卡林那预热器的热端出口连接副地热井;

[0015] 所述卡林那预热器的冷端连接卡林那循环发电单元;所述二氧化碳预热器的冷端连接超临界二氧化碳发电单元。

[0016] 与现有技术相比,本实用新型的有益效果是:

[0017] 本实用新型提供了一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,以太阳能和地热能两种可再生能源优势互补作为热源,兼具效率和环保优势;地热水经过气液分离后分别为超临界二氧化碳和氨水预热,提高能量利用效率;超临界二氧化碳发电单元回热器出口工质作为卡林那循环发电单元的热源,实现热能梯级利用,提高能源利用效率。

[0018] 进一步的,超临界二氧化碳发电单元的预热器以地热能作为热源,太阳能加热器以太阳能作为热源,实现多能互补、梯级利用;卡林那单元换热器,能回收回热器出口工质的余热,作为卡林那循环发电单元的热源进一步利用,提高能源利用效率。

[0019] 进一步的,卡林那循环发电单元的卡林那单元换热器以超临界二氧化碳发电单元回热器后的工质余热作为热源,实现能量梯级利用。

[0020] 进一步的,地热单元的闪蒸器将地热水分为气液两相,气相用于预热超临界二氧化碳发电单元的二氧化碳工质,液相用于预热卡林那循环发电单元的氨水工质,实现温度对口、梯级利用。

## 附图说明

[0021] 图1是本实用新型涉及的发电系统结构示意图；

[0022] 其中,1、太阳能聚光镜场2、吸热器3、传热工质泵4、太阳能加热器5、二氧化碳透平6、回热器7、卡林那单元换热器8、冷却器9、二氧化碳增压装置10、二氧化碳预热器11、卡林那预热器12、卡林那透平13、卡林那回热器14、第一混合器15、低压凝汽器16、低压泵17、氨分离器18、第二混合器19、高压凝汽器20、高压泵21、气液分离器22、闪蒸罐23、主地热井24、副地热井。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图,对本实用新型进一步详细说明。

[0024] 如图1所示,本实用新型提供的一种太阳能与地热能耦合的超临界二氧化碳联合循环发电系统,包括太阳能聚光集热单元、超临界二氧化碳发电单元、卡林那循环发电单元和地热单元,其中,所述太阳能聚光集热单元用于接收汇聚的太阳辐射能,通过传热工质将接收的太阳辐射能量转化为高温热能,该高温热能作为热源输送给超临界二氧化碳发电单元;所述超临界二氧化碳发电单元用于将太阳能聚光集热单元的高温热能加热工质超临界二氧化碳,通过透平与发电机组将接收的热能转化为电能并输出;所述卡林那循环发电单元用于以被地热水以及做功后的超临界二氧化碳余热作为驱动热源,利用吸收剂对制冷剂的吸收与解吸过程进行放热和吸热,实现热功转换;所述地热单元用于向超临界二氧化碳发电单元和卡林那循环发电单元提供驱动热源。

[0025] 具体地:

[0026] 太阳能聚光集热单元包括太阳能聚光镜场1、吸热器2、传热工质泵3和太阳能加热器4,其中,太阳能聚光镜场1的热能输出端与吸热器2连接,所述吸热器2的传热工质与太阳能加热器4连接,所述太阳能加热器4的超临界二氧化碳工质出口与超临界二氧化碳发电单元连接;所述太阳能加热器4的传热工质出口通过传热工质泵3与吸热器2的入口连接。

[0027] 工作流程:

[0028] 太阳能聚光镜场1用于接收并汇聚太阳能辐射能量,并将该太阳能辐射能量传递给吸热器2,加热吸热器2中的传热工质产生高温传热工质,将太阳辐射能量转化为热能,然后通过太阳能加热器4将产生的高温传热工质输给超临界二氧化碳发电单元;传热工质泵3用于将吸收式热泵单元中的传热工质泵出给吸热器2,实现传热工质的循环利用。

[0029] 超临界二氧化碳发电单元包括二氧化碳透平5、回热器6、卡林那单元换热器7、冷却器8和二氧化碳增压装置9,其中,太阳能加热器4的超临界二氧化碳工质出口与二氧化碳透平5的入口相连,二氧化碳透平5的乏汽出口与回热器6的热端入口相连,回热器6的热端出口与卡林那单元换热器7的热端入口相连,卡林那单元换热器7的热端出口与冷却器8的入口相连,冷却器8的出口与二氧化碳增压装置9的入口相连,二氧化碳增压装置9的出口经过二氧化碳预热器10与回热器6连接;回热器6的冷端出口与太阳能加热器4的二氧化碳入口相连;二氧化碳预热器10的热端入口与地热单元连接。

[0030] 流程描述:

[0031] 在回热器6中回热后的超临界二氧化碳工质进入太阳能加热器4中,被由太阳能加热的传热工质加热,然后高温高压工质超临界二氧化碳进入二氧化碳透平5做功发电,出口

超临界二氧化碳在回热器6中进行余热回收后,进入卡林那单元换热器7,作为卡林那循环发电单元的驱动热源,然后超临界二氧化碳工质进入冷却器8中冷凝,出口的二氧化碳在二氧化碳增压装置9中被加压,然后在二氧化碳预热器10中被气液分离器22出口的地热蒸汽预热,然后在回热器中6被加热后继续循环。

[0032] 卡林那循环发电单元包括卡林那透平12、卡林那回热器13、第一混合器14、低压凝汽器15、低压泵16、氨分离器17、第二混合器18、高压凝汽器19、高压泵20和气液分离器21,其中,卡林那预热器11的冷端出口与卡林那单元换热器7的冷端入口相连,卡林那单元换热器7的冷端出口与卡林那透平12的入口相连,卡林那透平12的出口与卡林那回热器13的热端入口相连,卡林那回热器13的热端出口与第一混合器14的入口相连,第一混合器14的出口与低压凝汽器15的入口相连,低压凝汽器15的出口与低压泵16的入口相连,低压泵16的出口与氨分离器17的入口相连,氨分离器17的出口与第二混合器18的入口相连,氨分离器17的另一出口与卡林那回热器13的冷端入口相连,卡林那回热器13的冷端出口与气液分离器21的入口相连,气液分离器21的浓氨水出口与第二混合器18的入口相连,气液分离器21的稀氨水出口与第一混合器14的入口相连,第二混合器18的出口与高压凝汽器19的入口相连,高压凝汽器19的出口与高压泵20的入口相连,高压泵20的出口与卡林那预热器11的冷端入口相连。

[0033] 流程描述:

[0034] 处于饱和和液体状态的工作溶液通过高压泵20升压,依次在卡林那预热器11和卡林那单元换热器7中吸热成为过热蒸气,送至卡林那透平12做功发电,乏汽经卡林那回热器13冷却后,与气液分离器21底部流出的稀氨水在第一混合器14中混合,在低压凝汽器15中冷凝,并在低压泵16中升压,送至氨分离器17,氨分离器17出口氨水一股经卡林那回热器13加热,并在蒸馏器中分离成为浓氨水和稀氨水;另一股进入第二混合器18与气液分离器21顶部流出的气态浓氨水混合形成工作溶液,经高压凝汽器19冷凝成为饱和和工作溶液。

[0035] 所述地热单元包括二氧化碳预热器10、卡林那预热器11、闪蒸罐22、主地热井23和副地热井24,其中,主地热井23的热水出口连接闪蒸罐23的入口,闪蒸罐23的水蒸气出口连接二氧化碳预热器10的热端入口,二氧化碳预热器10的热端出口连接副地热井24;闪蒸罐23的水出口连接卡林那预热器11的热端入口,所述卡林那预热器11的热端出口连接副地热井24。

[0036] 所述卡林那预热器11的冷端连接卡林那循环发电单元。

[0037] 所述二氧化碳预热器10的冷端连接超临界二氧化碳发电单元。

[0038] 流程描述:

[0039] 地热水从主地热井23中出来后,进入闪蒸罐22进行闪蒸,闪蒸出的水蒸气进入二氧化碳预热器10对超临界二氧化碳进行预热,闪蒸罐剩下的水进入卡林那换热器11对氨水进行预热,从二氧化碳预热器10和卡林那换热器11出来的地热水再回灌到副地热井24。

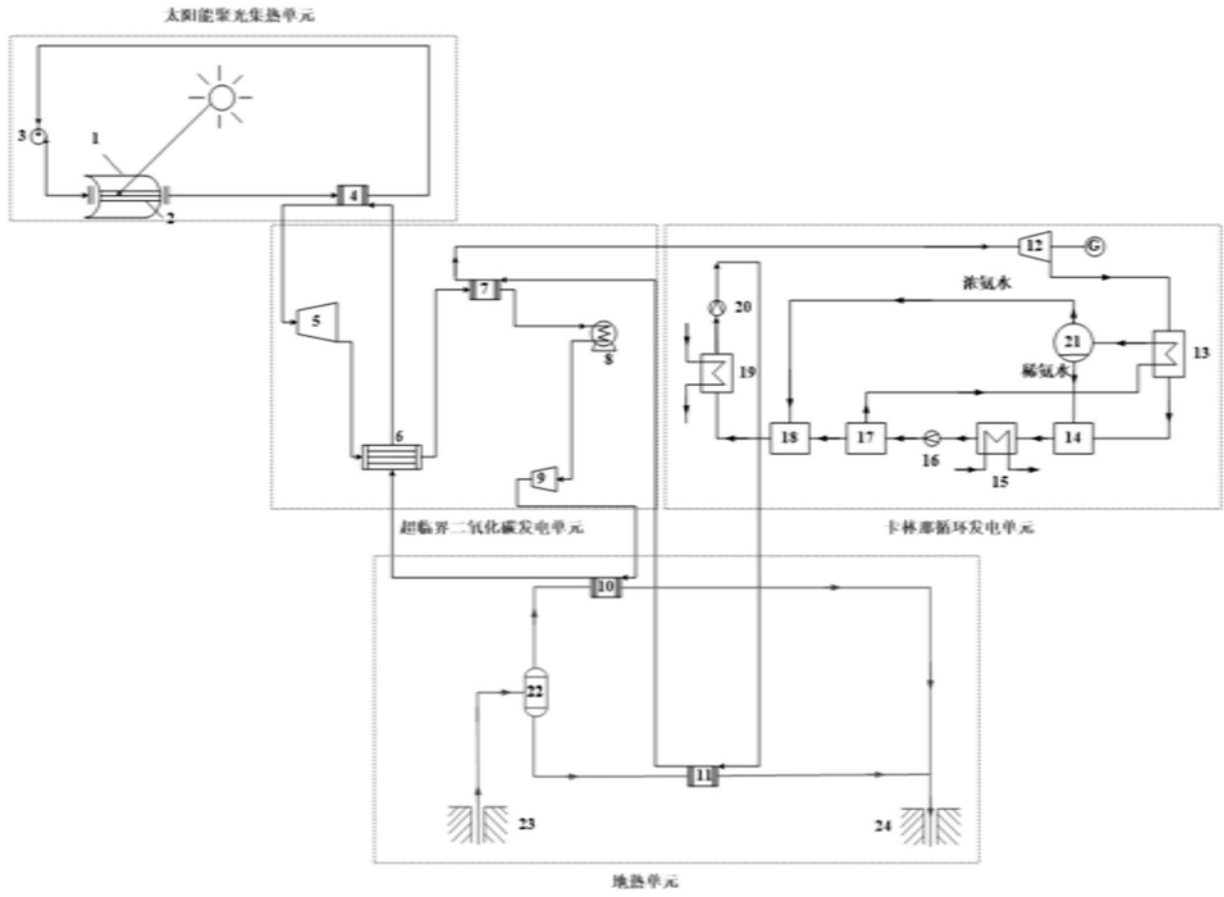


图1