



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 216240842 U

(45) 授权公告日 2022. 04. 08

(21) 申请号 202122766995.0

(22) 申请日 2021.11.12

(73) 专利权人 中国石油大学(北京)
地址 102249 北京市昌平区府学路18号

(72) 发明人 陈光进 邓春 刘蓓 孙长宇
蔡进 李昆 汤涵

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 刘静 韩蕾

(51) Int. Cl.
F01K 25/10 (2006.01)
F01K 13/00 (2006.01)
F01D 15/10 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

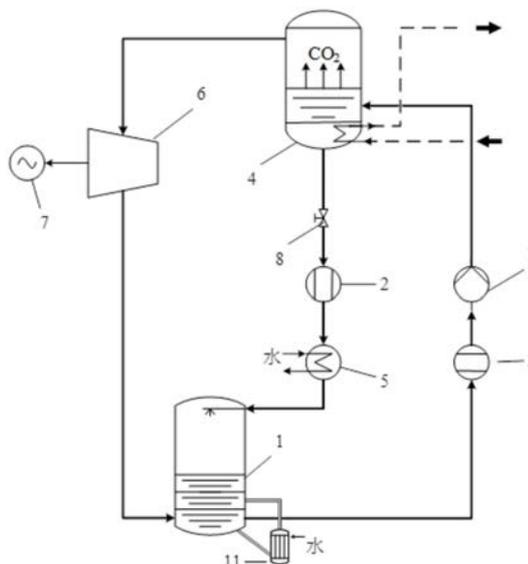
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统

(57) 摘要

本实用新型公开了一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统。本实用新型采用2-甲基咪唑水溶液在低温(20~40℃)、低压(0.2~0.3MPa)下吸收CO₂,在较高温度(80~120℃)下吸收热量,释放出高压(0.8~1.2MPa)CO₂气体,通过透平膨胀对外做功发电。由于CO₂的解吸温度在80℃左右,因此可以利用太阳能热水、地热或工厂低温废热作为解吸的热源,实现低温位循环发电。



1. 一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统,其特征在于,该低温循环发电系统包括:

CO₂吸收单元(1)、第一换热器(2)、循环增压泵(3)、CO₂解吸单元(4)、CO₂透平机(6)、发电机(7);

所述CO₂吸收单元(1)的出口经过所述第一换热器(2)之后与所述循环增压泵(3)的入口连接,所述循环增压泵(3)的出口与所述CO₂解吸单元(4)的入口连接,所述CO₂解吸单元(4)的液体出口经过所述第一换热器(2)之后与所述CO₂吸收单元(1)的入口连接;所述CO₂解吸单元(4)的气体出口与所述CO₂透平机(6)的入口连接,所述CO₂透平机(6)的出口与所述CO₂吸收单元(1)的入口连接,且所述CO₂透平机(6)与所述发电机(7)连接;所述CO₂解吸单元(4)设置有加热装置;

所述二氧化碳气体在所述CO₂吸收单元(1)、第一换热器(2)、循环增压泵(3)、CO₂解吸单元(4)和CO₂透平机(6)之间循环;

所述低温循环发电系统采用2-甲基咪唑水溶液作为二氧化碳气体的吸收介质,在所述CO₂吸收单元(1)、第一换热器(2)、循环增压泵(3)、CO₂解吸单元(4)之间循环。

2. 根据权利要求1所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述加热装置与提供低品位热源的设备连接。

3. 根据权利要求2所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述提供低品位热源的设备选自太阳能热水器、地热设备或工厂低温废热设备。

4. 根据权利要求1所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述CO₂吸收单元(1)设置有外取热器(11)。

5. 根据权利要求4所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述外取热器(11)的内部取热介质为冷却水。

6. 根据权利要求1所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述第一换热器(2)为管壳式换热器;所述CO₂吸收单元(1)的出口与所述第一换热器(2)的管程入口连接,所述第一换热器(2)的管程出口与所述循环增压泵(3)的入口连接;

所述CO₂解吸单元(4)的液体出口与所述换热器(2)的壳程入口连接,所述第一换热器(2)的壳程出口与所述CO₂吸收单元(1)的入口连接。

7. 根据权利要求6所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述低温循环发电系统还包括第二换热器(5),所述第一换热器(2)的壳程出口经过所述第二换热器(5)之后与所述CO₂吸收单元(1)的入口连接。

8. 根据权利要求7所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述第二换热器(5)的内部换热介质为冷却水。

9. 根据权利要求7所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述CO₂解吸单元(4)的液体出口与所述第一换热器(2)之间的连接管线上设置有减压阀(8)。

10. 根据权利要求1所述的低温循环发电系统,其特征在于,所述低温循环发电系统还包括第二换热器(5)和减压阀(8),且所述第一换热器(2)为管壳式换热器;

所述CO₂吸收单元(1)的出口与所述第一换热器(2)的管程入口连接,所述第一换热器(2)的管程出口与所述循环增压泵(3)的入口连接;

所述CO₂解吸单元(4)的液体出口经过所述减压阀(8)之后与所述换热器(2)的壳程入口

连接,所述第一换热器(2)的壳程出口与所述CO₂吸收单元(1)的入口连接。

一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及低品位热能发电技术领域，具体涉及一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统。

背景技术

[0002] 目前应用最广泛的发电方法为朗肯循环，然而在实际应用中主要存在以下两个方面问题。一是由于循环介质多采用低沸点化合物，因此需要设置冷凝器、蒸发器使工质发生相变，消耗能量较多，设备热负荷较大。另一方面，为提高朗肯循环热效率，常引入再热器实现二次等压加热过程，过热水蒸汽使得过热器和透平机等耐高温设备投资费用较高。

[0003] 2-甲基咪唑属于咪唑类化合物，沸点267℃，因其低毒性、高化学稳定性、生产成本低等性质被广泛应用于缓蚀剂、气体分离等领域，常作为配体合成沸石咪唑类材料(ZIFs)。2-甲基咪唑对CO₂气体有着良好的吸收性能，因此可作为CO₂气体的吸收剂，此外在温度较高时(约80℃)溶液中的CO₂可以发生解吸过程，实现吸收剂的可循环利用。本实用新型利用低品位热能，如太阳能、地热能以及工厂低温废热等，只需为流体输送消耗较少的机械能，能够大幅度降低低温发电循环的能耗，具有安全环保、运行稳定、热效率高等优点。

实用新型内容

[0004] 本实用新型的目的在于提供一种以CO₂为工质的低温循环发电系统。该低温循环发电系统利用低品位热能提供热量，2-甲基咪唑水溶液对CO₂气体的吸收-解吸过程实现发电，相比于传统的低温朗肯循环发电，可实现太阳能热水、地热能以及工厂废热等低品位热源的高效利用，整体提高系统的稳定性与高效性。

[0005] 为实现上述目的，本实用新型采用的以下技术方案：

[0006] 本实用新型一方面提供一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统，该低温循环发电系统包括：

[0007] CO₂吸收单元、第一换热器、循环增压泵、CO₂解吸单元、CO₂透平机、发电机；

[0008] 所述CO₂吸收单元的出口经过所述第一换热器之后与所述循环增压泵的入口连接，所述循环增压泵的出口与所述CO₂解吸单元的入口连接，所述CO₂解吸单元的液体出口经过所述第一换热器之后与所述CO₂吸收单元的入口连接；所述CO₂解吸单元的气体出口与所述CO₂透平机的入口连接，所述CO₂透平机的出口与所述CO₂吸收单元的入口连接，且所述CO₂透平机与所述发电机连接；所述CO₂解吸单元设置有加热装置；

[0009] 所述二氧化碳气体在所述CO₂吸收单元、第一换热器、循环增压泵、CO₂解吸单元和CO₂透平机之间循环；

[0010] 所述低温循环发电系统采用2-甲基咪唑水溶液作为二氧化碳气体的吸收介质，在所述CO₂吸收单元、第一换热器、循环增压泵、CO₂解吸单元之间循环。

[0011] 根据本实用新型的低温循环发电系统，优选地，所述加热装置与提供低品位热源的设备连接。

[0012] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述提供低品位热源的设备选自太阳能热水器、地热设备或工厂低温废热设备。所述低品位热源选自太阳能热水、地热或工厂低温废热。例如,所述加热装置为热水器,其加热水的热源为太阳能热水、地热或工厂低温废热等低品位热源;所述加热装置中的热水通过加热盘管为所述CO₂解吸单元提供热量。当采用太阳能热水时,所述加热装置为太阳能热水器。

[0013] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述CO₂吸收单元设置有外取热器,用于及时移走反应的吸收热,使CO₂吸收过程体系温度稳定。

[0014] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述外取热器的内部取热介质为冷却水。

[0015] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述第一换热器为管壳式换热器;所述CO₂吸收单元的出口与所述第一换热器的管程入口连接,所述第一换热器的管程出口与所述循环增压泵的入口连接;所述CO₂解吸单元的液体出口与所述换热器的壳程入口连接,所述第一换热器的壳程出口与所述CO₂吸收单元的入口连接。

[0016] 即,所述第一换热器的管程为富液(富CO₂的2-甲基咪唑水溶液),壳程为贫液(也称解吸液);二者在此进行换热。

[0017] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述低温循环发电系统还包括第二换热器,所述第一换热器的壳程出口经过所述第二换热器之后与所述CO₂吸收单元的入口连接。贫液经过第一换热器与富液换热降温后进一步经过所述第二换热器冷却。

[0018] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述第二换热器的内部换热介质为冷却水。

[0019] 根据本实用新型的低温循环发电系统,优选地,所述CO₂解吸单元的液体出口与所述第一换热器之间的连接管线上设置有减压阀;所述CO₂解吸单元中解析后的贫液经所述减压阀减压、第一换热器和第二换热器冷却后回到CO₂吸收单元。

[0020] 在本实用新型的一个优选方案中,所述低温循环发电系统还包括第二换热器和减压阀,且所述第一换热器为管壳式换热器;

[0021] 所述CO₂吸收单元的出口与所述第一换热器的管程入口连接,所述第一换热器的管程出口与所述循环增压泵的入口连接;

[0022] 所述CO₂解吸单元的液体出口经过所述减压阀之后与所述换热器的壳程入口连接,所述第一换热器的壳程出口与所述CO₂吸收单元的入口连接。

[0023] 以本实用新型的低温循环发电系统进行的以CO₂为工质的低温循环发电方法,包括以下步骤:

[0024] 在所述CO₂吸收单元中2-甲基咪唑水溶液吸收CO₂气体成为富液,富液经所述第一换热器与贫液换热升温后,经升压进入所述CO₂解吸单元;

[0025] 所述低品位热源为所述CO₂解吸单元供热,使得CO₂气体从富液中解吸逸出,进入所述CO₂透平机膨胀做功,带动所述发电机发电;解吸后的贫液经所述第一换热器与富液换热冷却后回到所述CO₂吸收单元。

[0026] 在该低温循环发电方法,优选地,所述CO₂吸收单元的操作温度为20~40℃,操作压力0.2~0.3MPa。

[0027] 在该低温循环发电方法,优选地,所述CO₂解吸单元的操作温度为80~120℃,操作

压力为0.8~1.2MPa;通过循环增压泵将富液增压至此0.8~1.2MPa。

[0028] 在该低温循环发电方法,优选地,所述2-甲基咪唑水溶液的浓度为30~60wt.%。

[0029] 在该低温循环发电方法,优选地,所述CO₂透平机的出口压力为0.2~0.3MPa。

[0030] 本实用新型提供的以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统采用2-甲基咪唑水溶液在低温(20~40℃)、低压(0.2~0.3MPa)下吸收CO₂,在较高温度(80~120℃)下吸收热量,释放出高压(0.8~1.2MPa)CO₂气体,通过透平膨胀对外做功发电。由于CO₂的解吸温度在80℃左右,因此可以利用太阳能热水、地热或工厂低温废热作为解吸的热源,实现低温位循环发电。本实用新型的系统以CO₂为工质,2-甲基咪唑水溶液为吸收介质,利用太阳能热水、地热和工厂废热等低品位热源来发电,实现节能和碳减排。由于CO₂无毒、不易燃易爆,该循环比现有低温有机朗肯循环更为安全环保,热电效率也更高。

附图说明

[0031] 图1为本实用新型一优选实施例中的以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统示意图。

[0032] 图2为本实用新型一优选实施例中的海上太阳能驱动的二氧化碳气体循环发电系统示意图。

[0033] 附图标记说明:

[0034]	1	CO ₂ 吸收单元
[0035]	2	第一换热器
[0036]	3	循环增压泵
[0037]	4	CO ₂ 解吸单元
[0038]	5	第二换热器
[0039]	6	CO ₂ 透平机
[0040]	7	发电机
[0041]	8	减压阀
[0042]	9	阀门
[0043]	10	太阳能热水器
[0044]	11	外取热器

具体实施方式

[0045] 为了更清楚地说明本实用新型,下面结合优选实施例对本实用新型做进一步的说明。本领域技术人员应当理解,下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的,不应以此限制本实用新型的保护范围。

[0046] 本实用新型在此提供一优选实施例,如图1所示,一种以二氧化碳气体为工质的低温循环发电系统,该低温循环发电系统采用CO₂气体作为循环工质,2-甲基咪唑水溶液为吸收介质,包括:CO₂吸收单元1、第一换热器2、循环增压泵3、CO₂解吸单元4、第二换热器5、CO₂透平机6、发电机7。

[0047] 所述CO₂吸收单元1的出口经过所述第一换热器2之后与所述循环增压泵3的入口连接,所述循环增压泵3的出口与所述CO₂解吸单元4的入口连接,所述CO₂解吸单元4的液体

出口经过所述第一换热器2和第二换热器5之后与所述CO₂吸收单元1的入口连接;所述CO₂解吸单元4的气体出口与所述CO₂透平机6的入口连接,所述CO₂透平机6的出口与所述CO₂吸收单元1的入口连接,且所述CO₂透平机6与所述发电机7连接;所述CO₂解吸单元4设置有加热装置为其中的富液解析提供热量,所述加热装置由低品位热源提供热量。所述低品位热源选自太阳能、地热或工厂低温废热。

[0048] 此外,所述CO₂吸收单元1设置有外取热器11,用于及时移走反应的吸收热,使CO₂吸收过程体系温度稳定。所述外取热器11的内部取热介质为冷却水。所述第二换热器5的内部换热介质也为冷却水。

[0049] 具体的,所述CO₂吸收单元1的出口与所述第一换热器2的管程入口连接,所述第一换热器2的管程出口与所述循环增压泵3的入口连接;所述CO₂解吸单元4的液体出口与所述换热器2的壳程入口连接,所述第一换热器2的壳程出口与所述第二换热器5的入口连接,第二换热器5的出口与CO₂吸收单元1的入口连接。即,所述第一换热器2的管程为富液,壳程为贫液;二者在此进行换热。

[0050] 进一步的,所述CO₂解吸单元4的液体出口与所述第一换热器2之间的连接管线上设置有减压阀8;所述CO₂解吸单元4中解析后的贫液经所述减压阀8减压、第一换热器2和第二换热器5冷却后回到CO₂吸收单元1。

[0051] 利用图1的系统进行循环发电的流程包括:

[0052] 在2-甲基咪唑水溶液循环回路中,CO₂吸收单元1中2-甲基咪唑水溶液吸收CO₂气体成为富液(富CO₂的吸收液),富液经第一换热器2与贫液(也称解吸液)换热升温,通过循环增压泵3被压缩升压后进入CO₂解吸单元4进行CO₂的解吸,同时低品位热源如太阳能热水、地热能以及工厂废热等通过CO₂解吸单元4的加热装置为其提供热量。贫液由CO₂解吸单元4的液体出口经减压阀8、第一换热器2与第二换热器5进一步冷却,最终输送至CO₂吸收单元1进行CO₂气体的吸收过程,吸收过程产生的热量由外取热器11及时移走保持体系温度的稳定。富液在CO₂解吸单元4中进行解吸后,CO₂气体由CO₂解吸单元4顶部气体出口经过管线进入CO₂透平机6进行膨胀做功过程,同时发电机7实现循环装置的发电需求。膨胀后的CO₂气体回到CO₂吸收单元1,完成低温发电循环。

[0053] 其中,所述CO₂吸收单元1的操作温度为20~40℃,操作压力0.2~0.3MPa。所述CO₂解吸单元4的操作温度为80~120℃,操作压力为0.8~1.2MPa。所述2-甲基咪唑水溶液的浓度为30~60wt.%。CO₂透平机6的出口压力为0.2~0.3MPa。

[0054] 应用例1

[0055] 本应用例的应用场景为海上太阳能驱动的二氧化碳气体循环发电,采用的气态循环工质为CO₂,CO₂吸收单元1和CO₂解吸单元4内的溶液为30~60wt.%的2-甲基咪唑水溶液,所述换热及取热装置,其内部介质均为海水。

[0056] 如图2所示,本应用例的循环系统包括CO₂吸收单元1、第一换热器2、循环增压泵3、CO₂解吸单元4、第二换热器5、CO₂透平机6、发电机7、太阳能热水器10以及外取热器11。

[0057] CO₂吸收单元1的出口与第一换热器2的管程进口相连,第一换热器2的管程出口通过循环增压泵3与CO₂解吸单元4的入口相连,CO₂解吸单元4的液体出口通过第一换热器2壳程以及第二换热器5与CO₂吸收单元1的进口连接。同时CO₂解吸单元4的气体出口与CO₂透平机6入口相连,CO₂透平机6与发电机7连接,膨胀后的CO₂气体回到CO₂吸收单元1,完成动力循

环。太阳能热水器10出口与CO₂解吸单元4设置的加热盘管进口连接,完成为其供热,连接管路上设置有阀门9。CO₂吸收单元1设置有外取热器11。

[0058] 循环增压泵3将富液由0.2~0.3MPa升压至0.8~1.2MPa。经第一换热器2以及CO₂解吸单元4的加热盘管,富液加热到80~120℃,CO₂吸收单元1内的吸收温度维持20~40℃。

[0059] 使用本应用例的系统进行基于太阳能的二氧化碳气体循环发电过程包括:

[0060] 太阳能热水器加热内部储箱中的水,热水由热水器通过CO₂解吸单元4设置的加热盘管与内部溶液换热,同时换热后的热水回到热水器,实现为CO₂解吸单元4的供热。CO₂解吸单元4中的富液加热后,CO₂从富液中解吸逸出,循环系统以CO₂气体作为循环工质。气态CO₂进入CO₂透平机6做功,带动发电机7发电。贫液经减压阀8减压、第一换热器2与富液换热及第二换热器5与海水换热回到CO₂吸收单元1,外取热器11用于及时移走CO₂吸收单元1内的反应热。

[0061] CO₂气体膨胀做功后回到CO₂吸收单元1,CO₂气体通过鼓泡的方式与CO₂吸收单元1上方喷淋的贫液进行气液传质,在吸收单元中进行CO₂的吸收过程。富液被循环增压泵3升压后回到为CO₂解吸单元4,完成发电循环。

[0062] 此外,在本应用例中,由于海水储量巨大且温度较低、温度波动较小,是较为理想的低温冷源,且该系统无需依赖于其他相关项目建设,经济投入较低。

[0063] 应用例2

[0064] 本应用例提供的基于太阳能的二氧化碳气体循环发电装置及方法与应用例1的结构相同,不同之处在于所述第二换热器5和外取热器11,其内部介质为大型湖泊水或冷空气。

[0065] 应用例3

[0066] 本应用例提供的低温循环发电装置及方法与应用例2结构基本相同,不同之处在于CO₂解吸单元4设置的加热装置的热量由低温的地热或工厂废热提供。

[0067] 在本实用新型以上实施例和应用例中,所述CO₂吸收单元1可以为CO₂吸收罐或CO₂吸收塔,所述CO₂解吸单元4也均可以是CO₂解吸罐或CO₂解吸塔,具体设备可根据需求设置。

[0068] 显然,本实用新型的上述实施例仅仅是为清楚地说明本实用新型所作的举例,而并非是对本实用新型的实施方式的限定,对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动,这里无法对所有的实施方式予以穷举,凡是属于本实用新型的技术方案所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本实用新型的保护范围之列。

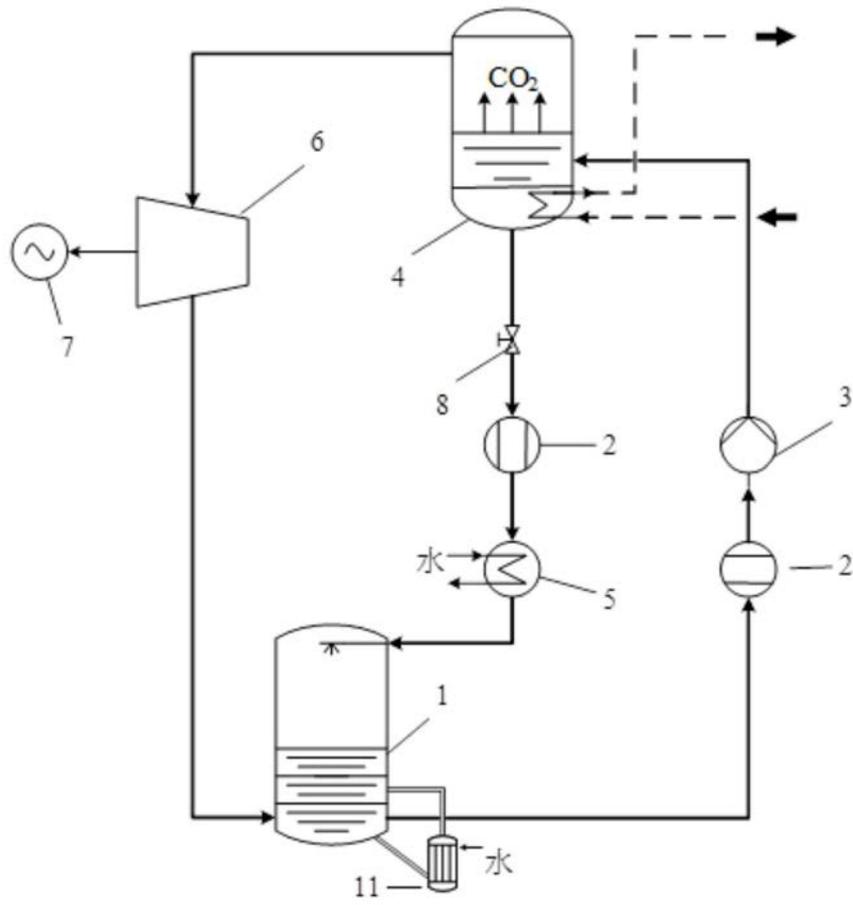


图1

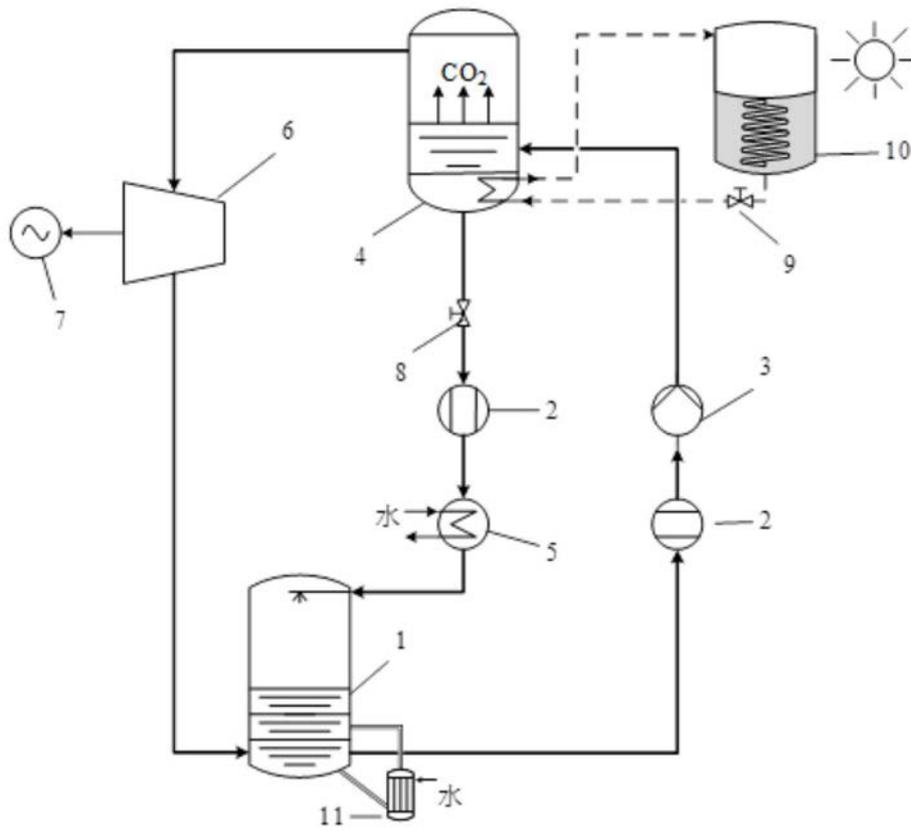


图2