



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112228853 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 02

(21) 申请号 202011106137.7

F01D 15/10 (2006.01)

(22) 申请日 2020.10.14

F01K 11/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112228853 A

(56) 对比文件

CN 101598513 A, 2009.12.09

CN 103542753 A, 2014.01.29

(43) 申请公布日 2021.01.15

审查员 李潇洒

(73) 专利权人 中国科学院上海应用物理研究所

地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72) 发明人 袁晓凤 曹云 姜凯华 贾国斌
宋金亮

(74) 专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283

专利代理师 薛琦 罗洋

(51) Int. Cl.

F22B 1/06 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

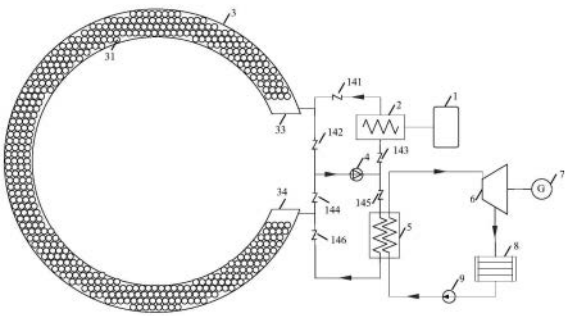
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

多孔介质传蓄热装置、传蓄热发电系统及储能电站

(57) 摘要

本发明公开了一种多孔介质传蓄热装置、传蓄热发电系统及储能电站。所述多孔介质传蓄热装置包括蓄热器和加热单元，所述蓄热器为管状结构，所述蓄热器的两端分别具有低温口和高温口，所述蓄热器内部设有多个上下排列的流通通道，所述流通通道内填充有蓄热工质；所述加热单元连接于所述蓄热器，并用于加热所述蓄热器内的传热工质；其中，所述蓄热工质为多孔介质。对于该多孔介质传蓄热装置，采用低成本且单位体积热容量大于熔盐热容量的多孔介质填料作为蓄热工质，降低了蓄热工质及蓄热器的成本，从而降低了储能电站的成本；另外，相比于采用熔点高的熔盐蓄热，减少了防凝冻堵设备的使用，减小了运行的安全风险和成本。



1. 一种多孔介质传蓄热装置,其特征在于,所述多孔介质传蓄热装置包括:

蓄热器,所述蓄热器为管状结构,所述蓄热器的两端分别具有低温口和高温口,所述蓄热器内部设有多个上下排列的流通通道,所述流通通道内填充有蓄热工质,所述蓄热器的内部设有多个上下排列的横隔板,多个所述横隔板将所述蓄热器分隔为多个所述流通通道;

加热单元,所述加热单元连接于所述蓄热器,并用于加热所述蓄热器内的传热工质;

其中,所述蓄热工质为多孔介质,所述蓄热器内的传热工质为熔盐。

2. 如权利要求1所述的多孔介质传蓄热装置,其特征在于,所述多孔介质包括细颗粒玄武岩、辉绿岩、硬砂岩、杂砂岩中的一种或几种。

3. 如权利要求1所述的多孔介质传蓄热装置,其特征在于,所述蓄热器呈非闭合的圆环形或U形。

4. 如权利要求1所述的多孔介质传蓄热装置,其特征在于,所述加热单元包括电加热器,所述电加热器设置于所述蓄热器的外部,所述电加热器的外壁面设有供传热工质进入的介质进口和供传热工质流出的介质出口,所述介质进口连接于所述低温口,所述介质出口连接于所述高温口,所述电加热器的内部具有加热件,所述加热件电连接于外部的电源。

5. 如权利要求1所述的多孔介质传蓄热装置,其特征在于,所述加热单元包括蓄热换热器和热源,所述蓄热换热器的外壁面设有供传热工质进入的低温进口、供传热工质流出的高温出口、高温进口、低温出口,所述低温进口连接于所述蓄热器的低温口并与所述蓄热器相连通,所述高温出口连接于所述蓄热器的高温口并与所述蓄热器相连通,所述低温出口连接于所述热源。

6. 一种传蓄热发电系统,其特征在于,所述传蓄热发电系统包括如权利要求1-5中任一项所述的多孔介质传蓄热装置、换热器和发电单元,所述换热器的外壁面设有热侧进口、热侧出口、冷侧进口、冷侧出口,所述热侧进口连接于所述蓄热器的高温口并与所述蓄热器相连通,所述热侧出口连接于所述蓄热器的低温口并与所述蓄热器相连通,所述冷侧出口连接于所述发电单元并与所述发电单元相连通。

7. 如权利要求6所述的传蓄热发电系统,其特征在于,所述多孔介质传蓄热装置包括熔盐泵,所述熔盐泵的两端分别连接于所述高温口和所述热侧进口并与所述蓄热器和所述换热器连通;或者,所述熔盐泵的两端分别连接于所述低温口和电加热器的介质进口,并与所述蓄热器和所述电加热器连通。

8. 如权利要求7所述的传蓄热发电系统,其特征在于,所述发电单元包括发电机、汽轮机、冷凝器和水泵,所述发电机连接于所述汽轮机,所述汽轮机的进口和出口分别连接于所述冷侧出口和所述冷凝器的进口,所述水泵的两端分别连接于所述冷凝器的出口和所述冷侧进口,所述汽轮机、所述发电机、所述冷凝器和所述水泵之间相连通并形成有发电回路。

9. 一种储能电站,其特征在于,其包括如权利要求6-8中任意一项所述的传蓄热发电系统。

多孔介质传蓄热装置、传蓄热发电系统及储能电站

技术领域

[0001] 本发明涉及储能技术领域,特别涉及一种多孔介质传蓄热装置、传蓄热发电系统及储能电站。

背景技术

[0002] 在改变能源业的技术进步中,能源存储技术日益重要,并将从根本上改变世界能源结构。为了有效应对化石能源耗尽所带来的能源危机,需要寻求化石能源的替代品,如风能、太阳能等可再生能源。不论是哪一种可再生能源,很大一部分都必须转化为电能加以利用。然而,我国在大力发展可再生能源的同时,弃电现象日益严重,2019年全国弃风电量169亿千瓦时,全国平均弃风率4%;弃光电量46亿千瓦时,全国平均弃光率2%。此外,电网方面也面临着日益巨大的电力需求峰谷差挑战。为满足未来我国电力需求及清洁化发展目标,需求调节将成为促进电力供需平衡调节的措施之一,系统控制能力提高则有助于提高电力系统的稳定运行。因此,与之相匹配的电力储能技术在未来将迎来大发展。

[0003] 目前,大规模商业化应用且成本比较低廉的储能技术有抽水储能和压缩空气储能,但这两种技术对选址的要求都过高,因此不具有普遍性。现有采用熔盐蓄热技术的蓄热电站能够实现电站平稳运行,且不受地利条件限制。

[0004] 对于采用熔盐蓄热技术的蓄热电站,用于蓄热的熔盐成本较高,同时熔盐的熔点较高(至少200℃),使用时需要增加防凝冻堵设备,增加了运行的安全风险和成本,反而限制了其与传统火电站的竞争,从而影响其大规模的应用。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术中用于储能电站的蓄热工质成本高的问题,提供一种多孔介质传蓄热装置、传蓄热发电系统及储能电站。

[0006] 一种多孔介质传蓄热装置,所述多孔介质传蓄热装置包括:

[0007] 蓄热器,所述蓄热器为管状结构,所述蓄热器的两端分别具有低温口和高温口,所述蓄热器内部设有多个上下排列的流通通道,所述流通通道内填充有蓄热工质;

[0008] 加热单元,所述加热单元连接于所述蓄热器,并用于加热所述蓄热器内的传热工质;

[0009] 其中,所述蓄热工质为多孔介质。

[0010] 优选地,所述蓄热器的内部设有多个上下排列的横隔板,多个所述横隔板将所述蓄热器分隔为多个所述流通通道。

[0011] 优选地,所述蓄热器呈非闭合的圆环形或U形。

[0012] 优选地,所述蓄热器内的传热工质为熔盐。

[0013] 优选地,所述多孔介质包括细颗粒玄武岩、辉绿岩、硬砂岩、杂砂岩中的一种或几种。

[0014] 优选地,所述加热单元包括电加热器,所述电加热器设置于所述蓄热器的外部,所

述电加热器的外壁面设有介质进口和介质出口,所述介质进口连接于所述低温口,所述介质出口连接于所述高温口,所述电加热器的内部具有加热件,所述加热件电连接于外部的电源。

[0015] 优选地,所述加热单元包括蓄热换热器和热源,所述蓄热换热器的外壁面设有低温进口、高温出口、高温进口、低温出口,所述低温进口连接于所述蓄热器的低温口并与所述蓄热器相连通,所述高温出口连接于所述蓄热器的高温口并与所述蓄热器相连通,所述低温出口连接于所述热源。

[0016] 一种传蓄热发电系统,所述传蓄热发电系统包括上述的多孔介质传蓄热装置、换热器和发电单元,所述换热器的外壁面设有热侧进口、热侧出口、冷侧进口、冷侧出口,所述热侧进口连接于所述蓄热器的高温口并与所述蓄热器相连通,所述热侧出口连接于所述蓄热器的低温口并与所述蓄热器相连通,所述冷侧出口连接于所述发电单元并与所述发电单元相连通。

[0017] 优选地,所述多孔介质传蓄热装置包括熔盐泵,所述熔盐泵的两端分别连接于所述高温口和所述热侧进口并与所述蓄热器和所述换热器连通;或者,所述熔盐泵的两端分别连接于所述低温口和电加热器的介质进口,并与所述蓄热器和所述电加热器连通。

[0018] 优选地,所述发电单元包括发电机、汽轮机、冷凝器和水泵,所述发电机连接于所述汽轮机,所述汽轮机的进口和出口分别连接于所述冷侧出口和所述冷凝器的进口,所述水泵的两端分别连接于所述冷凝器的出口和所述冷侧进口,所述汽轮机、所述发电机、所述冷凝器和所述水泵之间相连通并形成有发电回路。

[0019] 一种储能电站,其包括如上所述的传蓄热发电系统。

[0020] 在符合本领域常识的基础上,上述各优选条件,可任意组合,即得本发明各较佳实例。

[0021] 本发明的积极进步效果在于:

[0022] 对于该多孔介质传蓄热装置,采用低成本且单位体积热容量大于熔盐热容量的多孔介质填料作为蓄热工质,降低了蓄热工质及蓄热器的成本,从而降低了储能电站的成本;另外,相比于采用熔点高的熔盐蓄热,减少了防凝冻堵设备的使用,减小了运行的安全风险和成本。相应地,对于包含该多孔介质传蓄热装置的传蓄热发电系统和储能电站具有上述的相同效果。

附图说明

[0023] 图1为根据本发明优选实施例的储能电站的结构示意图。

[0024] 图2为根据本发明优选实施例的蓄热器的结构示意图。

[0025] 图3为根据本发明优选实施例的又一储能电站的结构示意图。

[0026] 图4为根据本发明优选实施例的又一储能电站的结构示意图。

[0027] 附图标记说明:

[0028] 电源1

[0029] 电加热器2

[0030] 蓄热器3

[0031] 多孔介质31

- [0032] 横隔板32
- [0033] 高温口33
- [0034] 低温口34
- [0035] 熔盐泵4
- [0036] 换热器5
- [0037] 汽轮机6
- [0038] 发电机7
- [0039] 冷凝器8
- [0040] 水泵9
- [0041] 透平10
- [0042] 回热器11
- [0043] 预冷器12
- [0044] 压缩机13
- [0045] 截止阀141、142、143、144、145、146
- [0046] 其他热源15
- [0047] 蓄热换热器16

具体实施方式

[0048] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在的实施例范围之中。

[0049] 如图1所示,本发明揭示一种多孔介质传蓄热装置,多孔介质传蓄热装置包括蓄热器3和加热单元,蓄热器3为管状结构,蓄热器3的两端分别具有低温口34和高温口33,蓄热器3内部设有多个上下排列的流通通道,流通通道内填充有蓄热工质;加热单元连接于蓄热器3,并用于加热蓄热器3内的传热工质;其中,蓄热工质为多孔介质31。

[0050] 在本实施方式中,由于多孔介质31的成本低,且单位体积的热容量大于熔盐热容量,采用多孔介质31作为蓄热工质,有效降低了蓄热工质及蓄热器3的成本,从而降低了储能电站的成本;相比于采用熔点高的熔盐蓄热,减少了防凝冻堵设备的使用,减小了运行的安全风险和成本。另外,由于低温传热工质的密度大于高温传热工质,低温传热工质容易沉入蓄热器3底部,破坏斜温层,通过设置多个流通通道,使得传热工质在一定的高度范围内流动,减小浮力对蓄热器3内斜温层厚度的影响,从而减小了蓄热器3的尺寸,降低了蓄热器3的成本。

[0051] 如图2所示,蓄热器3的内部设有多个上下排列的横隔板32,多个横隔板32将蓄热器3分隔为多个流通通道。具体地,蓄热器3的直径为3m,从上至下每间隔1m布置一个横隔板32,总共布置两层横隔板32。该横隔板32能够减小浮力对蓄热器3内斜温层厚度的影响,从而减小蓄热器3的尺寸,进一步降低蓄热器3成本,且横隔板32结构简单,便于安装。

[0052] 如图1所示,蓄热器3呈非闭合的圆环形。其中,蓄热器3设置为环形结构,使得高温口33靠近低温口34,从而显著减少高温口33和低温口34之间的管路长度,进一步地节省了成本。在其他可替代的实施方式中,如图2所示,蓄热器3也可呈U形。蓄热器3可包括多个依次连接的管状结构,多个管状结构的直径不相同。多个大直径管道之间通过小直径管道连

接,这样有利于分段维修蓄热器3。具体地,蓄热器3包括两个直筒形管路和一个直径较小的弯管。

[0053] 在本实施方式中,多孔介质31包括细颗粒玄武岩、辉绿岩、砂岩、硬砂岩、杂砂岩中的一种或几种。蓄热器3内的传热工质为熔盐。熔盐可以为多元混合熔盐。熔盐价格低廉,具有良好的传热和储热能力,可采用沸点600℃以上的多元混合熔盐,包括硝酸盐、氯盐、氟盐或者碳酸盐等。根据发电系统采用的发电装置工质温度匹配合适的熔盐。蓄热器3可以选择耐腐蚀性好、高温强度好的GH3535、C276、625合金或者不锈钢作为制作材料。

[0054] 如图1、3和4所示,本实施例还揭示一种传蓄热发电系统,包括上述的多孔介质传蓄热装置、换热器5和发电单元,换热器5的外壁面设有热侧进口、热侧出口、冷侧进口、冷侧出口,热侧进口连接于蓄热器3的高温口33并与蓄热器3相连通,热侧出口连接于蓄热器3的低温口34并与蓄热器3相连通,冷侧出口连接于发电单元并与发电单元相连通。

[0055] 在本实施方式中,在需要蓄能时,传热工质(熔盐)从低温口34进入加热单元,使得外部的电源1对熔盐进行加热,将低温的熔盐加热至高温的熔盐,从而使得电能转化为热能,电加热后的高温熔盐从高温口33进入蓄热器3,形成斜温层,同时高温熔盐对蓄热器3内的多孔介质31加热,随着蓄热时间的增加,斜温层由蓄热器3的高温口33向低温口34移动。

[0056] 在需要释热并发电时,高温的熔盐将通过热侧进口进入至换热器5内。高温熔盐的热能通过换热器5传递给到换热器5内的发电工质,发电工质通过换热器5的冷侧出口输出并进入至发电单元,使得热能输出至发电单元,通过发电单元将发电工质的热能转化为电能,从而实现了供电。

[0057] 如图1、3和4所示,多孔介质传蓄热装置还包括熔盐泵4,熔盐泵4的两端分别连接于高温口33和热侧进口并与蓄热器3和换热器5连通;或者,熔盐泵4的两端分别连接于低温口34和电加热器2的介质进口,并与蓄热器3和电加热器2连通。

[0058] 如图1所示,加热单元包括电加热器2,电加热器2设置于蓄热器3的外部,电加热器2的外壁面设有介质进口和介质出口,介质进口连接于低温口34,介质出口连接于高温口33,电加热器2的内部具有加热件,加热件电连接于外部的电源1。外部的电源1可以是风力发电电站、光伏发电电站或其他电力不稳定的发电电站,以及有多余电能的火电电站。

[0059] 如图1所示,发电单元包括发电机7、汽轮机6、冷凝器8和水泵9,发电机7连接于汽轮机6,汽轮机6的进口和出口分别连接于冷侧出口和冷凝器8的进口,水泵9的两端分别连接于冷凝器8的出口和冷侧进口,汽轮机6、发电机7、冷凝器8和水泵9之间相连通并形成有发电回路。

[0060] 具体地,如图1所示,传蓄热发电系统还包括截止阀141、142、143、144、145、146,通过截止阀的开关,实现从蓄热到发电的转换。蓄热时,打开截止阀141、截止阀143和截止阀144,关闭截止阀142、截止阀145和截止阀146,使得熔盐泵4的两端分别连接于低温口34和电加热器2的介质进口,并与蓄热器3和电加热器2连通,通过熔盐泵4将蓄热器3低温侧(靠近低温口34)的低温熔盐抽出,依次通过第四截止阀144、熔盐泵4、截止阀143到熔盐加热器2,通过熔盐加热器2加热升温后的熔盐通过截止阀141,返回蓄热器3的高温口33。随着蓄热时间的增加,斜温层由蓄热器3的高温侧(靠近高温口33)向低温侧移动。释热时,打开第二截止阀142、截止阀145和截止阀146,关闭截止阀141、截止阀143和截止阀144,此时,熔盐泵4的两端分别连接于高温口33和热侧进口,并与蓄热器3和换热器5连通,通过熔盐泵4将

蓄热器3高温口33的高温熔盐抽出,依次通过截止阀142、熔盐泵4、截止阀145到换热器5,通过换热器5放热降温后的熔盐通过截止阀146,返回蓄热器3的低温侧,随着释热时间的增加,斜温层由蓄热器3的低温侧向高温侧移动,换热器5内发电工质吸热后产生的高温蒸汽,驱动汽轮机6,从而带动发电机7进行发电,从而将热能转换为电能。从汽轮机6降温出来的发电工质通过冷凝器8和水泵9返回换热器5,从而形成循环。

[0061] 需要说明的是,在本实施方式中,发电单元包括发电机7、汽轮机6、冷凝器8和水泵9,在其他可替代的实施方式中,发电单元也可采用布雷顿循环发电装置。具体地,如图3所示,发电单元包括有透平10、发电机7、压缩机13和预冷器12,发电机7连接于透平10,透平10与压缩机13共传动轴,且透平10的进口和出口分别连接于冷侧出口和预冷器12,压缩机13的进口和出口分别连接于预冷器12和冷侧进口,透平10、预冷器12、压缩机13和换热器5之间相连通并形成有发电回路。发电单元还包括有回热器11,回热器11的外壁面设有高温侧进口、高温侧出口、低温侧进口、低温侧出口,高温侧进口连接于透平10并与透平10相连通,高温侧出口连接于预冷器12并与预冷器12相连通,低温侧进口连接于压缩机13并与压缩机13相连通,低温侧出口连接于冷侧进口并与换热器5相连通。

[0062] 其中,发电工质通过换热器5温度升高,升温之后的发电工质进入至透平10,实现热能转换成机械能,再通过发电机7实现发电,发电工质通过透平10之后经过回热器11,再进入至预冷器12,通过预冷器12能够进一步利用发电工质的余热,用于对外部进行供暖等,进一步达到能量梯级利用的效果。同时,发电工质传递热能后将会进一步温度降低,通过预冷器12的出口输出并进入至压缩机13内;通过压缩机13之后发电工质通过回热器11预热后进入至换热器5内,并循环利用,通过回热器11能够对发电工质的热能进一步回收利用,达到节能效果。通过发电回路联合循环或者热电联供,达到节能效果,且提高了发电效率。同时,发电单元具有热功转换效率高,设备初投资少,运行费用及维修成本低,安全性高,选址灵活,具备模块化发展等优点。其中,发电回路内的发电工质可以为超临界二氧化碳,或者可以为氦气,或者还可以为氦气和氮气的混合气体。

[0063] 需要说明的是,在本实施方式中,通过在加热单元中设置电加热器2实现对低温熔盐的加热;在其他可替代的实施方式中,如图4所示,加热单元可包括蓄热换热器16和热源,蓄热时,打开截止阀141、截止阀143和截止阀144,关闭截止阀142、截止阀145和截止阀146,通过熔盐泵4将蓄热器3低温侧的低温熔盐抽出,依次通过截止阀144、熔盐泵4、截止阀143到蓄热换热器16,通过蓄热换热器16加热升温后的熔盐通过截止阀141,返回蓄热器3高温侧。蓄热换热器16通过管路与其它热源连接。随着蓄热时间的增加,斜温层由蓄热器3的高温侧向低温侧移动。其中,热源采用其他热源15,例如太阳光集热、高温的余热等。

[0064] 本实施例还揭示一种储能电站,其包括上述的传蓄热发电系统。

[0065] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“顶”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于装置正常使用时的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须任何时候都具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的这方面的限制。

[0066] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式作出多种变更或修改,但这些变更和

修改均落入本发明的保护范围。

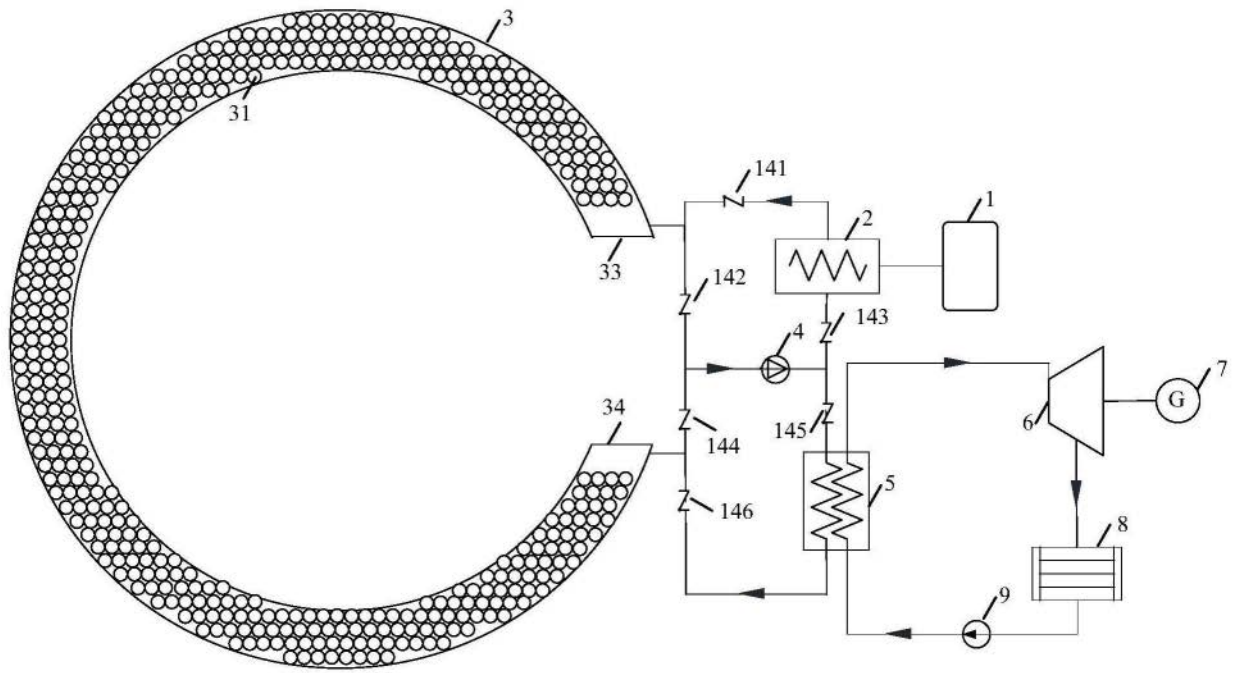


图1

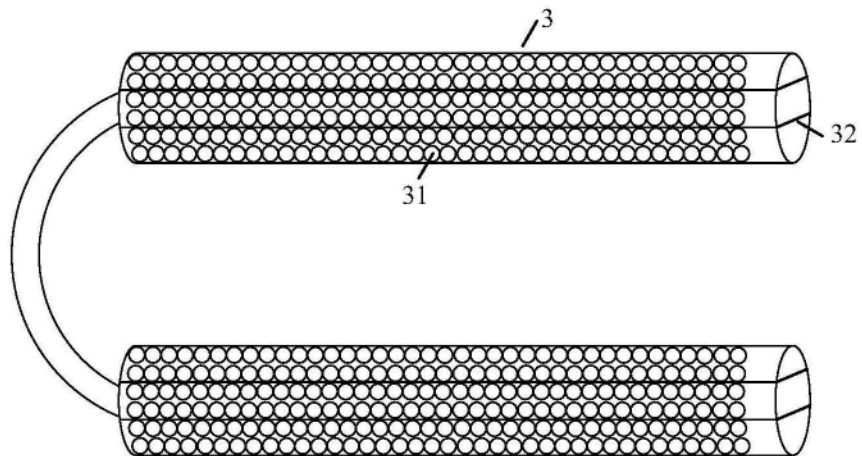


图2

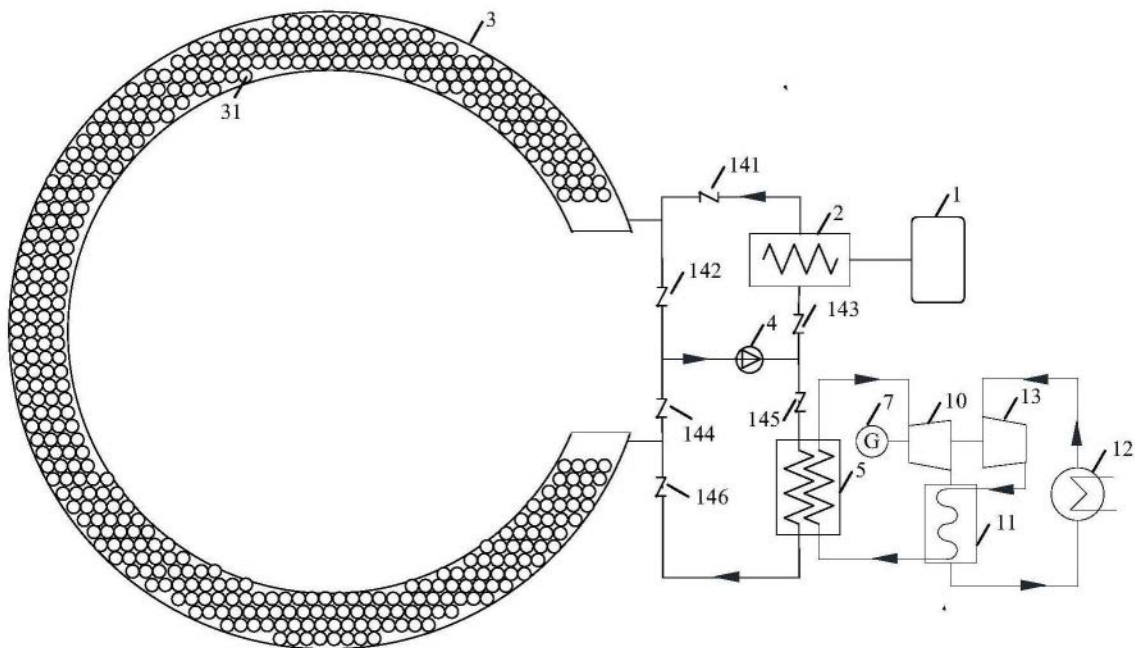


图3

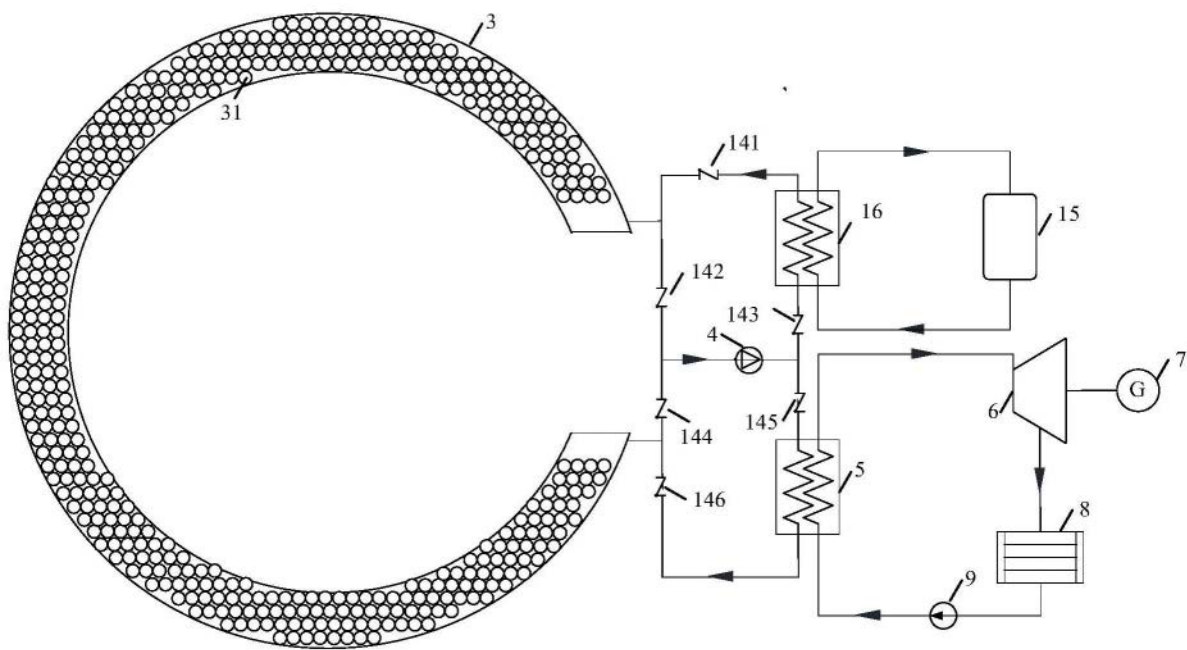


图4