

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号
WO 2022/166031 A1

(43) 国际公布日
2022年8月11日 (11.08.2022)

- (51) 国际专利分类号:
F04B 41/02 (2006.01) *F28D 20/00* (2006.01)
F02C 1/05 (2006.01) *F01D 15/10* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/094258
- (22) 国际申请日: 2021年5月18日 (18.05.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
- | | | |
|----------------|------------------------|----|
| 202120337744.8 | 2021年2月6日 (06.02.2021) | CN |
| 202110165293.9 | 2021年2月6日 (06.02.2021) | CN |
| 202110165292.4 | 2021年2月6日 (06.02.2021) | CN |
| 202120337592.1 | 2021年2月6日 (06.02.2021) | CN |
| 202110165383.8 | 2021年2月6日 (06.02.2021) | CN |
| 202120355877.8 | 2021年2月6日 (06.02.2021) | CN |

长平(SUN, Changping); 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。尹立坤(YIN, Likun); 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。蔺新星(LIN, Xinxing); 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。张翼(ZHANG, Yi); 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。刘延超(LIU, Yanchao); 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。

(74) 代理人: 宜昌市三峡专利事务所(YICHANG THREE GORGES PATENT); 中国湖北省宜昌市西陵区CBD数码城C座1203号成钢, Hubei 443000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(71) 申请人: 中国长江三峡集团有限公司(CHINA THREE GORGES CORPORATION) [CN/CN]; 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。

(72) 发明人: 谢宁宁(XIE, Ningning); 中国北京市海淀区玉渊潭南路1号, Beijing 100038 (CN)。孙

(54) Title: PACKED BED-BASED COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称: 基于填充床的压缩空气储能系统和方法

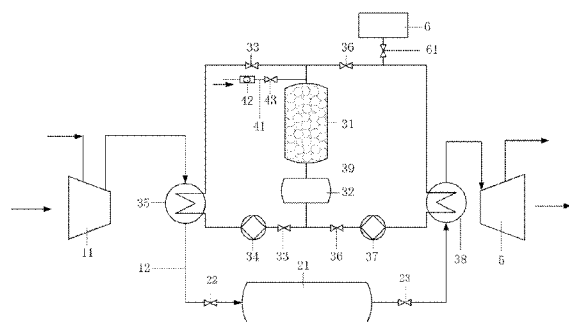


图1

(57) Abstract: A packed bed-based compressed air energy storage system and method. The system comprises: a compression system, a gas storage system, a heat storage system, a pressure stabilizing system, and a turbine system. A low-temperature heat exchanger is provided in an air exhaust pipeline between the gas storage system and a compressor and is connected to a heat storage loop, a high-temperature heat exchanger is provided in an air exhaust pipeline between the gas storage system and the turbine system and is connected to a heat release loop, the heat storage loop converts a high-temperature high-pressure gas of the compression system into a low-temperature high-pressure gas, the gas storage system stores the low-temperature high-pressure gas, and the heat release loop converts the low-temperature high-pressure gas of the gas storage system into a high-temperature high-pressure gas to drive the turbine system to do work; a liquid heat-transfer medium circularly flows in the heat storage loop and the heat release loop as a heat-transfer medium, and completes heat storage and heat release processes together with a solid heat storage material in a packed bed heat storage apparatus. The system has the characteristics of being simple in structure, high in heat conversion efficiency, beneficial to reduce cost, safe and reliable, and easy to operate.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。
-

(57) 摘要: 一种基于填充床的压缩空气储能系统及方法, 它包括压缩系统、储气系统、蓄热系统、稳压系统和透平系统, 通过在储气系统与压缩机之间的排气管路中设置低温换热器与储热回路连接, 在储气系统与透平系统之间的排气管路中设置高温换热器与释热回路连接, 储热回路将压缩系统的高温高压气体转换成低温高压气体, 储气系统储存低温高压气体, 释热回路将储气系统的低温高压气体转换成高温高压气体驱动透平系统做功, 通过液态传热介质在储热回路和释热回路中循环流动作为传热介质, 与填充床蓄热装置内的固体蓄热材料共同完成蓄热及释热过程, 具有结构简单, 热转换效率高, 有利于降低成本, 安全可靠, 操作简单的特点。

基于填充床的压缩空气储能系统及方法

技术领域

本发明属于储能技术领域，涉及一种基于填充床的压缩空气储能系统及方法。

背景技术

压缩空气储能是一种大规模物理储能技术——采用空气作为储能介质，在用电低谷时可将富裕的电通过电能-机械能-分子内能的转化路径实现电能以高压空气的形式大规模物理存储，在用电高峰时通过分子内能-机械能-电能的转化路径，把储存起来的高压空气转化为电能对外输出。压缩空气储能技术具有环境友好、使用寿命长、容量大及操作安全等优点。

压缩空气储能技术目前可以分为补燃式和非补燃式两类。补燃式技术路线脱胎于传统的内燃机增压理论，将传统燃气轮机增压膨胀的连续过程进行解耦变为空气增压和透平膨胀两个过程。补燃式储能系统装机功率大，经济性好，以当时的燃气轮机技术水平其循环效率可达 42-55%，除去补燃其循环效率只有 20%左右。而非补燃式是以独立的高性能压缩空气储能为出发点，以提高针对空气动力循环热效率为基础展开的。该技术路线摒弃与燃气轮机技术的结合，采用专用的空气透平技术体系；并且不依赖化石燃料的补热，通过充分回收压缩热并进行储存，在发电过程中为气体补热升温所用，减少额外热量需求，从而提高系统整体的运行效率。非补燃式压缩空气储能技术装机功率适中，经济性适中，循环效率可达 50-65%。

专利 CN105370408B 及专利 CN107299891B 都是采用非补燃方式的压缩空气储能方式，其中蓄热子系统的蓄热范围较低，采用水作为传热介质和蓄热介质，虽然可以降低出投资成本，但是因为考虑的蓄热温度和释热温度不高，在释能过程中传递给进入透平的空气的热量较低，热电转化的整体效率有待提高。而专利 CN107299891B 中是采用高温蓄热系统，能够在释能过程中使进入透平的空气提高到更高的温度，从而提高系统的热电转化效率，但是该专利中是采用导热油作为传热介质和蓄热介质，初投资成本高昂。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是提供一种基于填充床的压缩空气储能系统及方法，结构简单，采用在储气系统与压缩机之间的排气管路中设置低温换热器与储热回路连

接，在储气系统与透平系统之间的排气管路中设置高温换热器与释热回路连接，储热回路将压缩系统的高温高压气体转换成低温高压气体，储气系统储存低温高压气体，释热回路将储气系统的低温高压气体转换成高温高压气体驱动透平系统做功，液态传热介质在储热回路和释热回路中循环流动作为传热介质，与填充床蓄热装置内的固体蓄热材料共同完成蓄热及释热过程，热转换效率高，有利于降低成本，安全可靠，操作简单。

为解决上述技术问题，本发明所采用的技术方案是：一种具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，它包括压缩系统、储气系统、蓄热系统、稳压系统和透平系统；所述蓄热系统的低温换热器和高温换热器位于压缩系统的排气管路中，排气管路的两端分别与压缩机和透平系统连接；储气系统的储气罐位于低温换热器和高温换热器之间的排气管路中与排气管路连通；蓄热系统的储热回路和释热回路皆与填充床蓄热装置连接；位于填充床蓄热装置两侧的储热回路和释热回路中分别设置储热阀和释热阀；稳压系统与填充床蓄热装置连接；储热阶段释热阀关闭，释热阶段储热阀关闭。

所述压缩系统包括与压缩机排气侧连接的排气管路。

所述储气系统包括储气罐、进气阀和排气阀，进气阀和排气阀分别位于储气罐的进气侧和排气侧与排气管路连接。

所述蓄热系统包括与填充床蓄热装置的填充床管路两端连接的储热回路和释热回路，以及与填充床管路串联的储液罐，稳压系统与填充床蓄热装置进液端的填充床管路连接；所述填充床蓄热装置为喷淋式结构或分流式结构，其内填充固体蓄热材料。

所述储热回路包括位于两个储热阀之间的低温屏蔽泵和低温换热器。

所述释热回路包括位于两个释热阀之间的高温屏蔽泵和高温换热器。

所述稳压系统包括与稳压管路中依次连接的稳压装置和气体流量调节阀。

所述透平系统为膨胀机。

所述释热回路的释热阀与高温换热器之间连接有膨胀槽，膨胀槽的管路中设置膨胀阀。

如上所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统的储能方法，它包括如下步骤：

S1，填料，将单位体积蓄热密度大的蓄热球或石子的蓄热材料装入填充床蓄热装置内密封，关闭排料阀；

S2, 除气, 打开气体流量调节阀, 利用稳压装置对蓄热系统除气, 将蓄热系统中的空气排尽;

S3, 注入传热介质, 将液态传热介质直接注入储液罐内; 或者将液态传热介质注入膨胀槽后进入释热回路流入到储液罐内;

S4, 压力调节, 调节气体流量调节阀, 对子填充床蓄热装置进行加压至设定工作压力;

S5, 储能阶段, 利用低谷电或可再生能源电驱动压缩机对空气进行压缩, 将高温高压空气转换成低温高压空气储存于储气罐中;

S5-1, 释热阀关闭, 储热阀打开, 低温屏蔽泵启动, 将储液罐里面的液态传热介质输送至低温换热器, 经过低温换热器的液态传热介质进入填充床蓄热装置内后再回流至储液罐内形成储热回路; 此时, 填充床蓄热装置处于低温状态;

S5-2, 释热阀和排气阀关闭, 压缩机启动, 压缩后的高温高压空气沿排气管路进入低温换热器与其充分接触, 低温换热器吸收热量并传导给液态传热介质, 液态传热介质在储热回路中不断循环, 液态传热介质经过填充床蓄热装置后对填充床蓄热装置内的固体蓄热介质进行加温; 高温高压空气经过低温换热器后转换成低温高压空气沿排气管路进入储气罐内储存;

S5-3, 当填充床蓄热装置内部的固体蓄热材料全部蓄热完毕, 或者储气罐内的低温高压空气达到设定容量及压力值时, 储能过程结束; 储热阀、低温屏蔽泵、压缩机和进气阀关闭;

S6, 释能阶段, 在用电高峰期, 释放储气罐内的低温高压空气转换成高温高压空气输送给膨胀机做功;

S6-1, 释热阀打开, 高温屏蔽泵启动, 高温屏蔽泵将储液罐里面的高温液态传热介质输送至高温换热器, 高温换热器将高温液态传热介质转换成低温液态传热介质, 低温液态传热介质再进入并吸收填充床蓄热装置内热量回流至储液罐内形成释热回路;

S6-2, 排气阀打开, 储气罐内的低温高压空气沿排气管路经过高温换热器吸收热量, 将低温高压空气转换成高温高压空气, 再进入透平系统驱动膨胀机做功;

S6-3, 当填充床蓄热装置内部的固体蓄热材料全部释热完毕或储气罐内的低温高压空气释放达到设定值时, 释能过程结束。

一种基于填充床的压缩空气储能系统及方法，它包括压缩系统、储气系统、蓄热系统、稳压系统和透平系统，通过在储气系统与压缩机之间的排气管路中设置低温换热器与储热回路连接，在储气系统与透平系统之间的排气管路中设置高温换热器与释热回路连接，储热回路将压缩系统的高温高压气体转换成低温高压气体，储气系统储存低温高压气体，释热回路将储气系统的低温高压气体转换成高温高压气体驱动透平系统做功，通过液态传热介质在储热回路和释热回路中循环流动作为传热介质，与填充床蓄热装置内的固体蓄热材料共同完成蓄热及释热过程。本发明克服了原非补燃压缩空气储能系统采用液态传热介质作为传热介质和蓄热介质成本高，工作温度和工作压力范围小的问题，具有结构简单，热转换效率高，有利于降低成本，安全可靠，操作简单的特点。

附图说明

下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明：

图 1 为本发明系统中的填充床内填充颗粒状固体蓄热材料的结构示意图；

图 2 为图 1 中增加多个压缩机、低温换热器、高温换热器和储气罐的系统图；

图 3 为图 2 中增加一个填充床的系统图；。

图 4 为本发明系统中的填充床为喷淋式结构填充床的示意图；

图 5 为图 4 中增加多个压缩机、低温换热器、高温换热器和储气罐的系统图；

图 6 为图 5 中增加一个喷淋式结构填充床的系统图；

图 7 为本发明系统中的填充床为分流式结构填充床的示意图；

图 8 为图 7 中增加多个压缩机、低温换热器、高温换热器和储气罐的系统图；

图 9 为图 8 中增加一个分流式结构填充床的系统图；

图 10 为本发明喷淋式结构填充床的结构示意图；

图 11 为本发明分流式结构填充床的结构示意图。

图中：压缩机 11，排气管路 12，储气罐 21，进气阀 22，排气阀 23，填充床蓄热装置 31，镂空孔板 311，通道单元 312，储液罐 32，储热阀 33，低温屏蔽泵 34，低温换热器 35，释热阀 36，高温屏蔽泵 37，高温换热器 38，填充床管路 39，稳压管路 41，稳压装置 42，气体流量调节阀 43，膨胀机 5，膨胀槽 6，膨胀阀 61。

具体实施方式

如图 1、图 4 和图 7 中，一种具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，它

包括压缩系统、储气系统、蓄热系统、稳压系统和透平系统；所述蓄热系统的低温换热器 35 和高温换热器 38 位于压缩系统的排气管路 12 中，排气管路 12 的两端分别与压缩机 11 和透平系统连接；储气系统的储气罐 21 位于低温换热器 35 和高温换热器 38 之间的排气管路 12 中与排气管路 12 连通；蓄热系统的储热回路和释热回路皆与填充床蓄热装置 31 连接；位于填充床蓄热装置 31 两侧的储热回路和释热回路中分别设置储热阀 33 和释热阀 36；稳压系统与填充床蓄热装置 31 连接；储热阶段释热阀 36 关闭，释热阶段储热阀 33 关闭。结构简单，通过在储气系统与压缩机 11 之间的排气管路 12 中设置低温换热器 35 与储热回路连接，在储气系统与透平系统之间的排气管路 12 中设置高温换热器 38 与释热回路连接，储热回路将压缩系统的高温高压气体转换成低温高压气体，储气系统储存低温高压气体，释热回路将储气系统的低温高压气体转换成高温高压气体驱动透平系统做功，通过液态传热介质在储热回路和释热回路中循环流动作为传热介质，与填充床蓄热装置 31 内的固体蓄热材料共同完成蓄热及释热过程，热转换效率高，有利于降低成本，安全可靠，操作简单。

优选的方案中，如图 1、图 4、图 7 中，所述压缩系统包括与压缩机 11 排气侧连接的排气管路 12。结构简单，使用时，压缩机 11 的排气管路 12 与透平系统的膨胀机 5 连通；压缩机 11 排出的高温高压空气转换成低温高压空气后进入储气系统，再从储气系统进入膨胀机 5。

优选地，如图 1~图 9 中，所述压缩机 11 的数量为一个或多个。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述储气系统包括储气罐 21、进气阀 22 和排气阀 23，进气阀 22 和排气阀 23 分别位于储气罐 21 的进气侧和排气侧与排气管路 12 连接。结构简单，与排气管路 12 串联的储气罐 21 两端分别设置进气阀 22 和排气阀 23，在储气罐 21 储气时，排气阀 23 关闭，在储气罐 21 排气时，进气阀 22 关闭。

优选地，如图 1~图 11 中，储气罐 21 为压力容器，或者为盐穴及矿穴容积体，储气罐 21 的工作压力为常压至 15MPa。

优选地，如图 1~图 11 中，填充床蓄热装置、储液罐、液体膨胀槽在内保温条件下，其内壳的材料为不锈钢、铝或钛的金属材料，或陶瓷耐热耐腐蚀的非金属材料，其外壳材料为不锈钢、碳钢或铝合金，或陶瓷或高温混凝土，位于内壳和外壳之间填充保温材料。

优选地，如图 1~图 9 中，所述储气罐 21 的数量为一个或多个。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述蓄热系统包括与填充床蓄热装置 31 的填充床管路 39 两端连接的储热回路和释热回路，以及与填充床管路 39 串联的储液罐 32，稳压系统与填充床蓄热装置 31 进液端的填充床管路 39 连接；如图 4~图 11 中，所述填充床蓄热装置 31 为喷淋式结构或分流式结构，其内填充固体蓄热材料。结构简单，使用时，储能阶段，储热回路用于吸收压缩系统中的热量并储存；释能阶段，释热回路用于释放蓄热系统中储存的热量；填充床蓄热装置 31 在填充固体蓄热材料后，稳压系统排空蓄热系统中的空气。

优选地，如图 4~图 6、图 10 中，填充床蓄热装置 31 为喷淋式结构时，液态传热介质从上向下经过镂空孔板 311 形成雨幕进入填充床蓄热装置 31 内，液态传热介质雨幕与颗粒状固体蓄热介质接触，致密的雨幕形成的面积较大、与颗粒状固体蓄热介质接触面积大，在重力作用下，通过固体蓄热介质间空隙流至填充床底部，在此过程中与固体蓄热介质发生热交换，热传递效率高。

优选地，如图 4~图 6、图 10 中，填充床蓄热装置 31 为喷淋式结构时，位于镂空孔板 311 上设置多个喷淋头，液态传热介质从上向下经过镂空孔板 311 和喷淋头形成雨滴和雨幕进入填充床蓄热装置 31 内，形成雨滴和雨幕结合与颗粒状固体蓄热介质接触，进一步提高热传递效率。

优选地，如图 7~图 9、图 11 中，填充床蓄热装置 31 为分流式结构时，液态传热介质从上向下经过镂空孔板 311 形成雨幕进入填充床蓄热装置 31 内的通道单元 312 进行分流与颗粒状固体蓄热介质接触，充分均匀地与颗粒状固体蓄热介质接触，均匀性分布接触，热交换效率高，热交换强度高。

优选地，如图 7~图 9、图 11 中，填充床蓄热装置 31 为分流式结构时，通道单元 312 为两端开口的正三角形或多边形的柱状中空结构，竖直布设于填充床蓄热装置 31 的罐体内，颗粒状固体蓄热介质位于通道单元 312 内外。

优选地，如图 7~图 9、图 11 中，填充床蓄热装置 31 为分流式结构时，通道单元 312 为单根或多根直线或曲线的密布管道，颗粒状固体蓄热介质位于管道外，位于管壁上设置多个致密孔，从致密孔溢出的液态传热介质与颗粒状固体蓄热介质接触，且相邻管道之间形成相互渗透，使填充床蓄热装置 31 内的固体蓄热介质吸热趋于同步，蓄热效率高，适用于容量大、温度范围大、中高温太阳能热发电系统的核心蓄热器件。

优选地，如图 1~图 11 中，填充床蓄热装置 31 内填充固体蓄热材料，固体蓄热

材料为颗粒状或多孔状的岩石、矿石、矿渣、混凝土、耐火砖、陶瓷球或金属，具有导热性能高、单位体积蓄热密度大、成本低的特点。

优选地，如图 1~图 11 中，填充床蓄热装置 31 内的固体蓄热材料之间形成空隙，当液态传热介质通过时将热量传导给固体蓄热材料，使得填充床蓄热装置 31 内所需液态传热介质质量大大减少。

优选地，如图 1~图 11 中，蓄热温度为室温至 400℃，工作压力为常压至 10Mpa。

优选地，如图 1~图 11 中，稳压系统中的稳压气体为空气、氮气、氦气或氩气。

优选地，如图 1~图 9 中，所述填充床蓄热装置 31 的数量为一个或多个。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述储热回路包括位于两个储热阀 33 之间的低温屏蔽泵 34 和低温换热器 35。结构简单，储热阶段，释热阀 36 关闭，储热阀 33 打开，低温屏蔽泵 34 启动，低温屏蔽泵 34 驱动液态传热介质在储热回路中循环流动，低温换热器 35 吸收压缩系统中的热量后传导给液态传热介质，将低温液态传热介质转换成高温液态传热介质。

优选地，如图 1~图 9 中，所述低温换热器 35 的数量为一个或多个。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述释热回路包括位于两个释热阀 36 之间的高温屏蔽泵 37 和高温换热器 38。结构简单，释能阶段，储热阀 33 关闭，释热阀 36 打开，高温屏蔽泵 37 启动，高温屏蔽泵 37 驱动高温液态传热介质在释热回路中循环流动，高温换热器 38 吸收高温液态传热介质的热量，再将热量传导给排气管路 12。

优选地，如图 1~图 9 中，所述高温换热器 38 的数量为一个或多个。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述稳压系统包括与稳压管路 41 中依次连接的稳压装置 42 和气体流量调节阀 43。结构简单，在液态传热介质注入蓄热系统前，打开气体流量调节阀 43，将蓄热系统中的空气排尽，再调节气体流量调节阀 43 大小，设定稳压装置 42 的压力值。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述透平系统为膨胀机 5。使用时，从储气罐 21 排出的高温低压空气经过高温换热器 38 加热后形成高温高压空气进入膨胀机 5，驱动膨胀机 5 做功。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述释热回路的释热阀 36 与高温换热器 38 之间连接有膨胀槽 6，膨胀槽 6 的管路中设置膨胀阀 61。结构简单，膨胀槽 6 用于向蓄热系统注入液态传热介质，且防止在液态传热介质温度上升过程中体积膨胀对管道带

来影响。

优选地，膨胀槽 6 的数量为多个，分别设置于储热回路或释热回路中；多个膨胀槽 6 图中未示出。

优选的方案中，如图 1~图 9 中，所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统的储能方法，它包括如下步骤：

S1，填料，将单位体积蓄热密度大的蓄热球或石子的蓄热材料装入填充床蓄热装置 31 内密封，关闭排料阀；

S2，除气，打开气体流量调节阀 43，利用稳压装置 42 对蓄热系统除气，将蓄热系统中的空气排尽；

S3，注入传热介质，将液态传热介质直接注入储液罐 32 内；或者将液态传热介质注入膨胀槽 6 后进入释热回路流入到储液罐 32 内；

S4，压力调节，调节气体流量调节阀 43，对子填充床蓄热装置 31 进行加压至设定工作压力；

S5，储能阶段，利用低谷电或可再生能源电驱动压缩机 11 对空气进行压缩，将高温高压空气转换成低温高压空气储存于储气罐 21 中；

S5-1，释热阀 36 关闭，储热阀 33 打开，低温屏蔽泵 34 启动，将储液罐 32 里面的液态传热介质输送至低温换热器 35，经过低温换热器 35 的液态传热介质进入填充床蓄热装置 31 内后再回流至储液罐 32 内形成储热回路；此时，填充床蓄热装置 31 处于低温状态；

S5-2，释热阀 36 和排气阀 23 关闭，压缩机 11 启动，压缩后的高温高压空气沿排气管路 12 进入低温换热器 35 与其充分接触，低温换热器 35 吸收热量并传导给液态传热介质，液态传热介质在储热回路中不断循环，液态传热介质经过填充床蓄热装置 31 后对填充床蓄热装置 31 内的固体蓄热介质进行加温；高温高压空气经过低温换热器 35 后转换成低温高压空气沿排气管路 12 进入储气罐 21 内储存；

S5-3，当填充床蓄热装置 31 内部的固体蓄热材料全部蓄热完毕，或者储气罐 21 内的低温高压空气达到设定容量及压力值时，储能过程结束；储热阀 33、低温屏蔽泵 34、压缩机 11 和进气阀 22 关闭；

S6，释能阶段，在用电高峰期，释放储气罐 21 内的低温高压空气转换成高温高压空气输送给膨胀机 5 做功；

S6-1, 释热阀 36 打开, 高温屏蔽泵 37 启动, 高温屏蔽泵 37 将储液罐 32 里面的高温液态传热介质输送至高温换热器 38, 高温换热器 38 将高温液态传热介质转换成低温液态传热介质, 低温液态传热介质再进入并吸收填充床蓄热装置 31 内热量回流至储液罐 32 内形成释热回路;

S6-2, 排气阀 23 打开, 储气罐 21 内的低温高压空气沿排气管路 12 经过高温换热器 38 吸收热量, 将低温高压空气转换成高温高压空气, 再进入透平系统驱动膨胀机 5 做功;

S6-3, 当填充床蓄热装置 31 内部的固体蓄热材料全部释热完毕或储气罐 21 内的低温高压空气释放达到设定值时, 释能过程结束。

上述的实施例仅为本发明的优选技术方案, 而不应视为对于本发明的限制, 本申请中的实施例及实施例中的特征在不冲突的情况下, 可以相互任意组合。本发明的保护范围应以权利要求记载的技术方案, 包括权利要求记载的技术方案中技术特征的等同替换方案为保护范围。即在此范围内的等同替换改进, 也在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：它包括压缩系统、储气系统、蓄热系统、稳压系统和透平系统；所述蓄热系统的低温换热器（35）和高温换热器（38）位于压缩系统的排气管路（12）中，排气管路（12）的两端分别与压缩机（11）和透平系统连接；储气系统的储气罐（21）位于低温换热器（35）和高温换热器（38）之间的排气管路（12）中与排气管路（12）连通；蓄热系统的储热回路和释热回路皆与填充床蓄热装置（31）连接；位于填充床蓄热装置（31）两侧的储热回路和释热回路中分别设置储热阀（33）和释热阀（36）；稳压系统与填充床蓄热装置（31）连接；储热阶段释热阀（36）关闭，释热阶段储热阀（33）关闭。

2、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述压缩系统包括与压缩机（11）排气侧连接的排气管路（12）。

3、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述储气系统包括储气罐（21）、进气阀（22）和排气阀（23），进气阀（22）和排气阀（23）分别位于储气罐（21）的进气侧和排气侧与排气管路（12）连接。

4、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述蓄热系统包括与填充床蓄热装置（31）的填充床管路（39）两端连接的储热回路和释热回路，以及与填充床管路（39）串联的储液罐（32），稳压系统与填充床蓄热装置（31）进液端的填充床管路（39）连接；所述填充床蓄热装置（31）为喷淋式结构或分流式结构，其内填充固体蓄热材料。

5、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述储热回路包括位于两个储热阀（33）之间的低温屏蔽泵（34）和低温换热器（35）。

6、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述释热回路包括位于两个释热阀（36）之间的高温屏蔽泵（37）和高温换热器（38）。

7、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述稳压系统包括与稳压管路（41）中依次连接的稳压装置（42）和气体流量调节阀（43）。

8、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征

征是：所述透平系统为膨胀机（5）。

9、根据权利要求1所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统，其特征是：所述释热回路的释热阀（36）与高温换热器（38）之间连接有膨胀槽（6），膨胀槽（6）的管路中设置膨胀阀（61）。

10、根据权利要求1~9任一项所述的具有高效储热性能的非补燃压缩空气储能系统的储能方法，其特征是，它包括如下步骤：

S1，填料，将单位体积蓄热密度大的蓄热球或石子的蓄热材料装入填充床蓄热装置（31）内密封，关闭排料阀；

S2，除气，打开气体流量调节阀（43），利用稳压装置（42）对蓄热系统除气，将蓄热系统中的空气排尽；

S3，注入传热介质，将液态传热介质直接注入储液罐（32）内；或者将液态传热介质注入膨胀槽（6）后进入释热回路流入到储液罐（32）内；

S4，压力调节，调节气体流量调节阀（43），对子填充床蓄热装置（31）进行加压至设定工作压力；

S5，储能阶段，利用低谷电或可再生能源电驱动压缩机（11）对空气进行压缩，将高温高压空气转换成低温高压空气储存于储气罐（21）中；

S5-1，释热阀（36）关闭，储热阀（33）打开，低温屏蔽泵（34）启动，将储液罐（32）里面的液态传热介质输送至低温换热器（35），经过低温换热器（35）的液态传热介质进入填充床蓄热装置（31）内后再回流至储液罐（32）内形成储热回路；此时，填充床蓄热装置（31）处于低温状态；

S5-2，释热阀（36）和排气阀（23）关闭，压缩机（11）启动，压缩后的高温高压空气沿排气管路（12）进入低温换热器（35）与其充分接触，低温换热器（35）吸收热量并传导给液态传热介质，液态传热介质在储热回路中不断循环，液态传热介质经过填充床蓄热装置（31）后对填充床蓄热装置（31）内的固体蓄热介质进行加温；高温高压空气经过低温换热器（35）后转换成低温高压空气沿排气管路（12）进入储气罐（21）内储存；

S5-3，当填充床蓄热装置（31）内部的固体蓄热材料全部蓄热完毕，或者储气罐（21）内的低温高压空气达到设定容量及压力值时，储能过程结束；储热阀（33）、低温屏蔽泵（34）、压缩机（11）和进气阀（22）关闭；

S6, 释能阶段, 在用电高峰期, 释放储气罐 (21) 内的低温高压空气转换成高温高压空气输送给膨胀机 (5) 做功;

S6-1, 释热阀 (36) 打开, 高温屏蔽泵 (37) 启动, 高温屏蔽泵 (37) 将储液罐 (32) 里面的高温液态传热介质输送至高温换热器 (38), 高温换热器 (38) 将高温液态传热介质转换成低温液态传热介质, 低温液态传热介质再进入并吸收填充床蓄热装置 (31) 内热量回流至储液罐 (32) 内形成释热回路;

S6-2, 排气阀 (23) 打开, 储气罐 (21) 内的低温高压空气沿排气管路 (12) 经过高温换热器 (38) 吸收热量, 将低温高压空气转换成高温高压空气, 再进入透平系统驱动膨胀机 (5) 做功;

S6-3, 当填充床蓄热装置 (31) 内部的固体蓄热材料全部释热完毕或储气罐 (21) 内的低温高压空气释放达到设定值时, 释能过程结束。

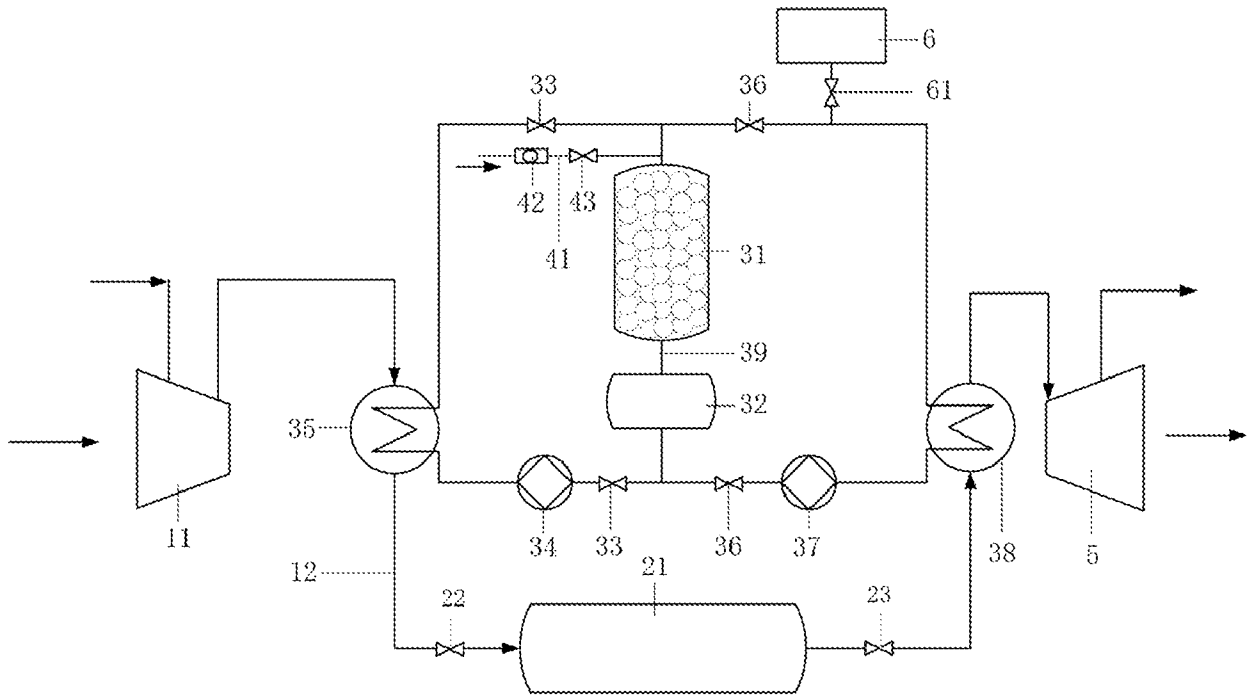


图 1

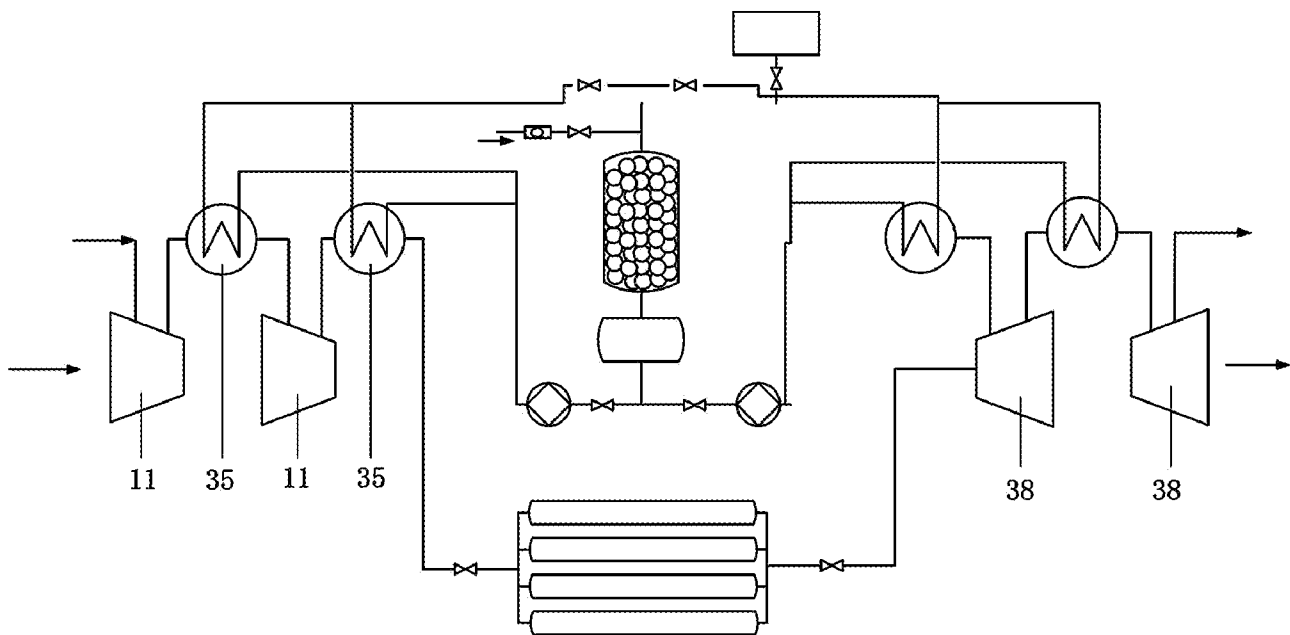


图 2

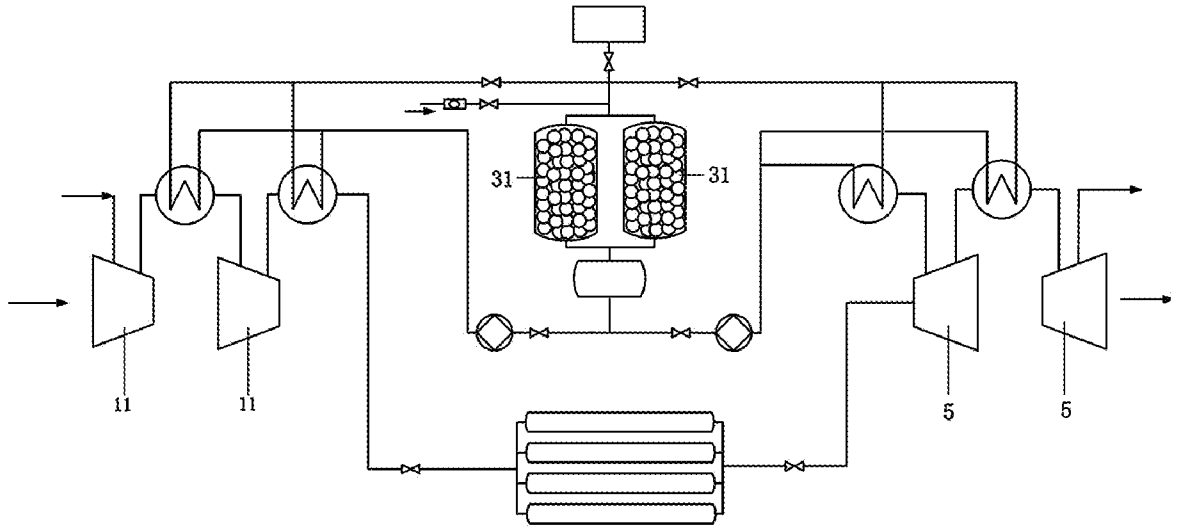


图 3

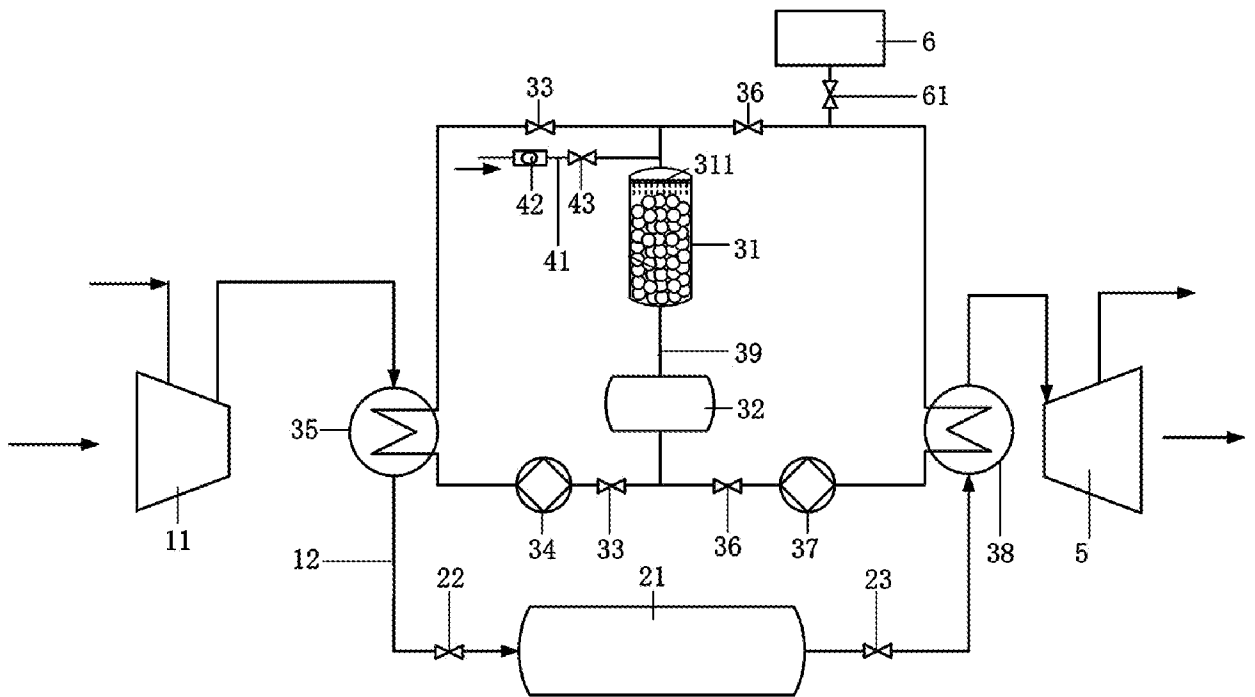


图 4

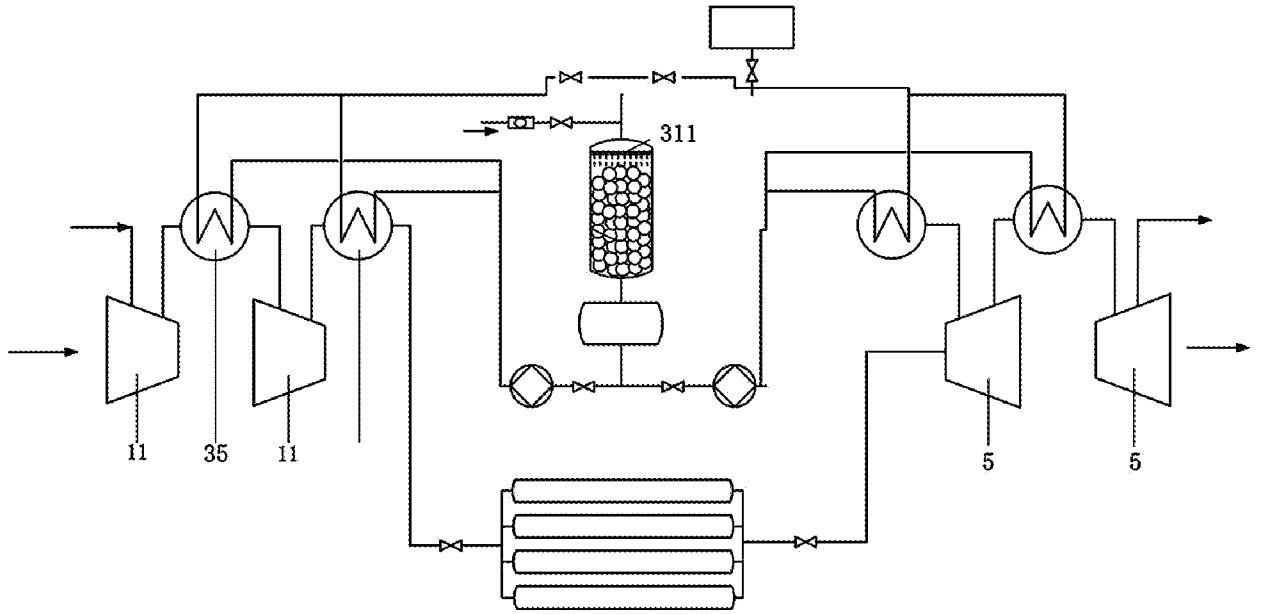


图 5

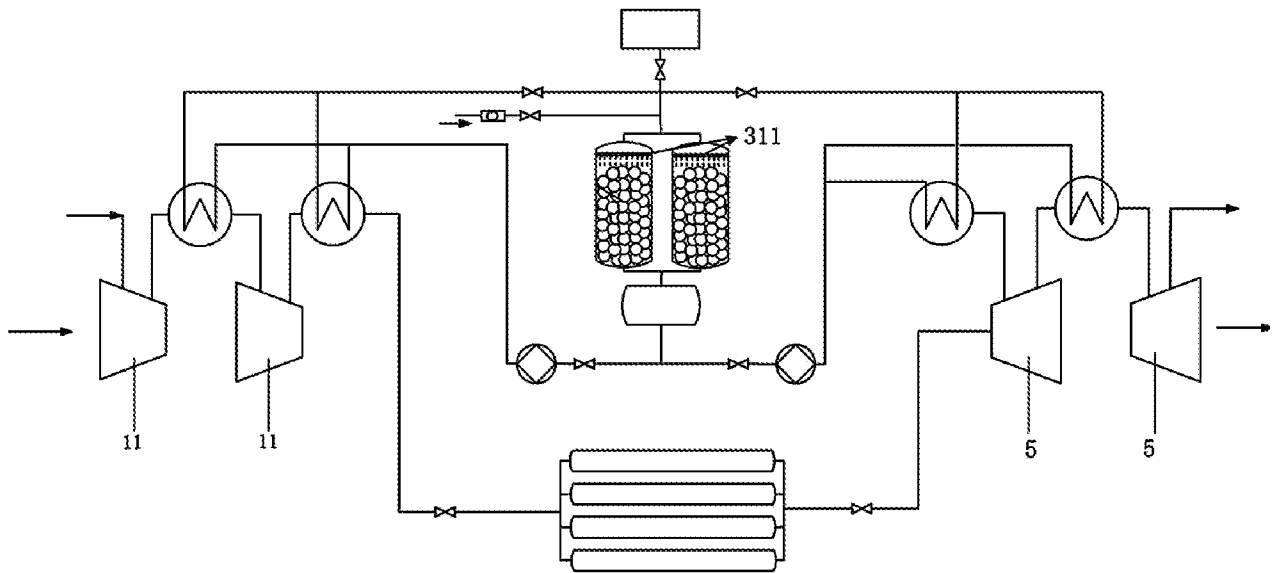


图 6

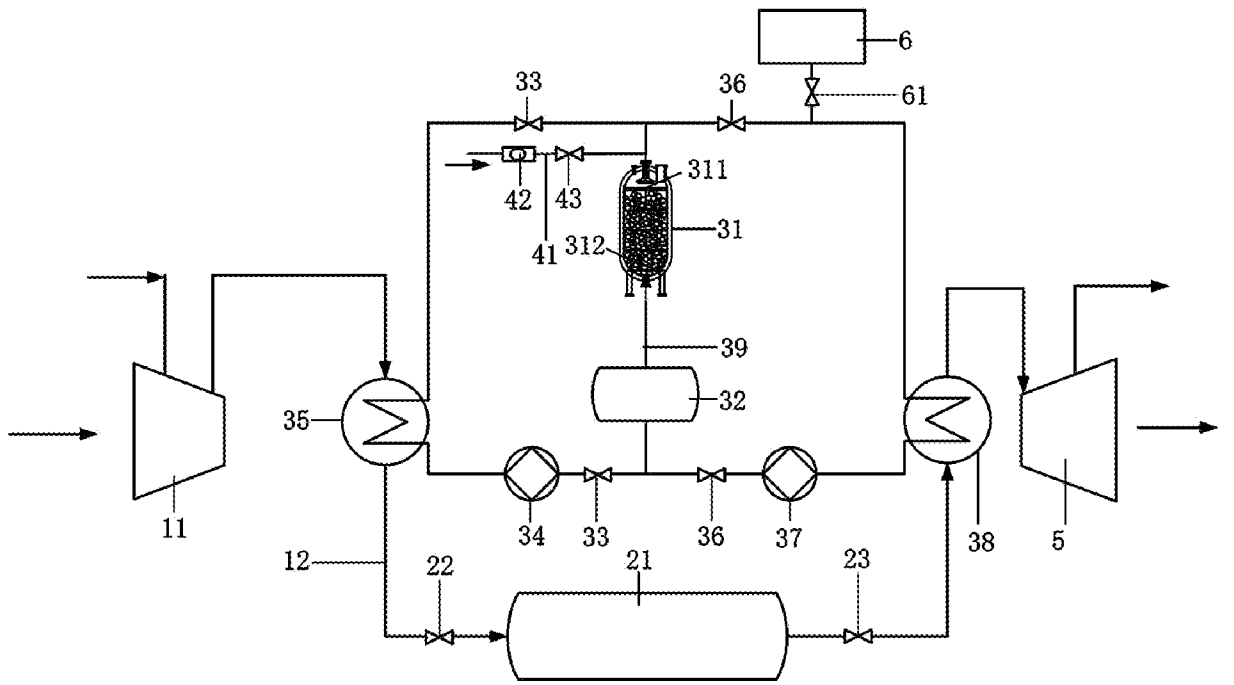


图 7

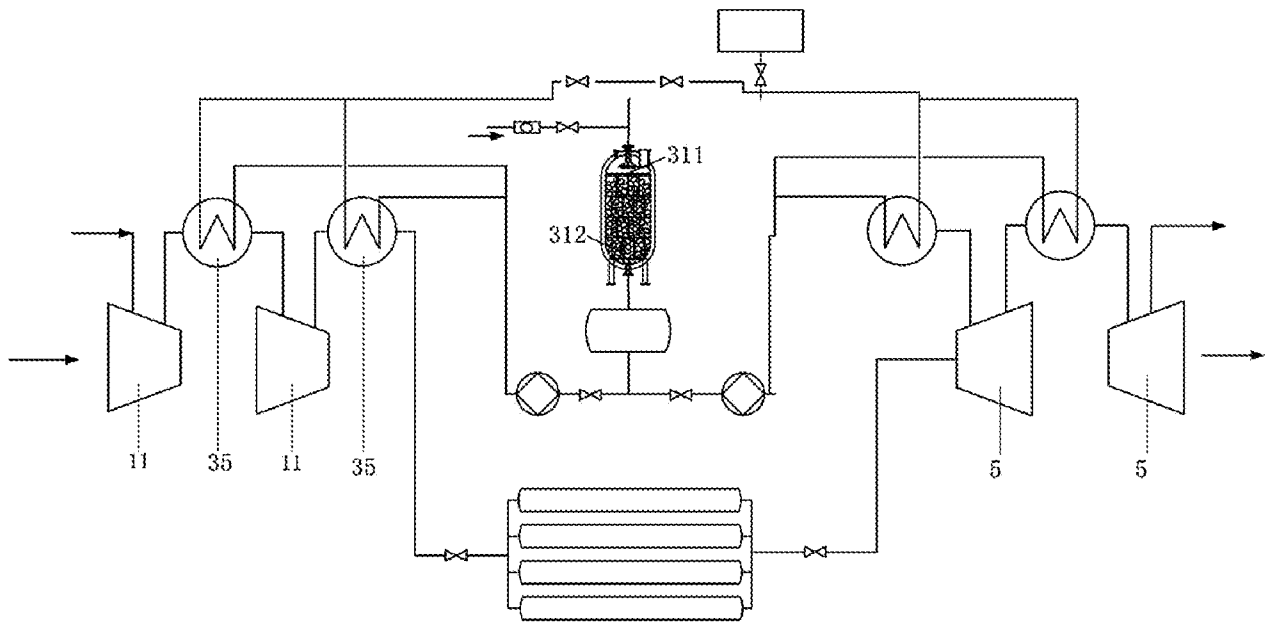


图 8

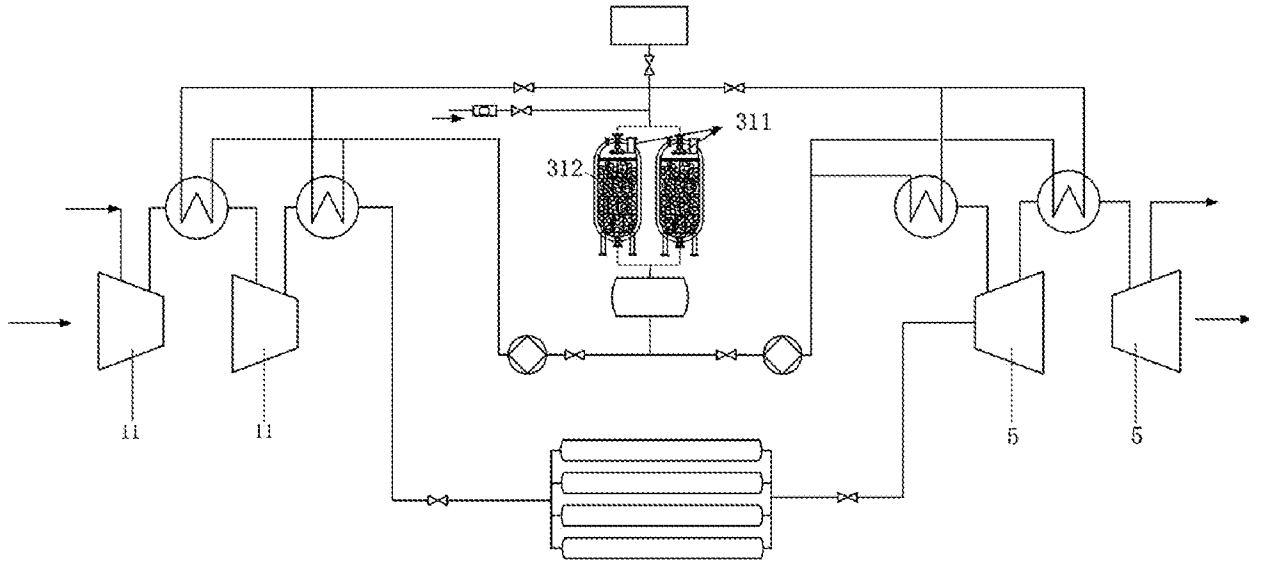


图 9

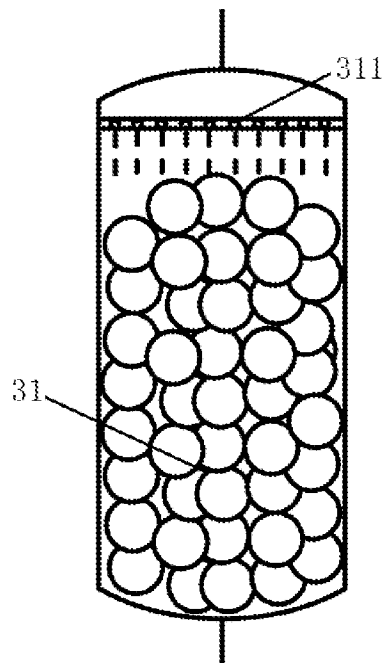


图 10

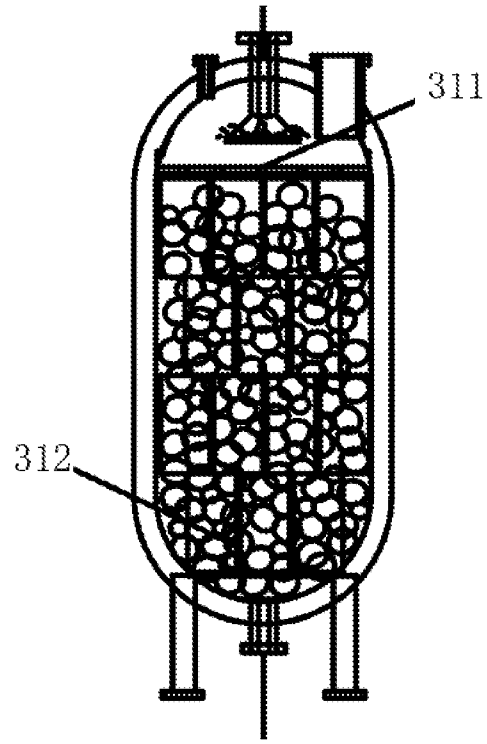


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/094258

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
F04B 41/02(2006.01)i; F02C 1/05(2006.01)i; F28D 20/00(2006.01)i; F01D 15/10(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04B41/-,F02C1/-,F28D20/-,F01D15/-		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT, CNABS, CNKI: 压缩机, 膨胀机, 透平, 储热, 蓄热, 释热, 放热, 填充床, 回路, 循环, 换热, 热交换, 做功, 储气; VEN, OETXT: compressor?, expansion, expand+, heat+, accumulate+, storage, releas+, emission, packed bed?, packed-bed?, cycl+, circulation, exchang+, thermal, transducer		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112796981 A (CHINA THREE GORGES CORPORATION) 14 May 2021 (2021-05-14) description, paragraphs 0031-0061, and figures 1-3	1-10
PX	CN 112796980 A (CHINA THREE GORGES CORPORATION) 14 May 2021 (2021-05-14) description, paragraphs 0032-0065, and figures 1-4	1-10
Y	CN 111456825 A (CHINA COAL ENERGY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.) 28 July 2020 (2020-07-28) description, paragraphs 0031-0044, figure 1	1-10
Y	CN 109883221 A (GUANGZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 14 June 2019 (2019-06-14) description, paragraphs 0023-0040, and figures 1-3	1-10
A	CN 111412126 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 14 July 2020 (2020-07-14) entire document	1-10
A	CN 109026241 A (INSTITUTE OF ENGINEERING THERMOPHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 18 December 2018 (2018-12-18) entire document	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 October 2021		Date of mailing of the international search report 15 November 2021
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/094258

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103216426 A (TECHNICAL INSTITUTE OF PHYSICS AND CHEMISTRY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 24 July 2013 (2013-07-24) entire document	1-10
A	CN 106907203 A (CHINA THREE GORGES UNIVERSITY) 30 June 2017 (2017-06-30) entire document	1-10
A	JP H0861085 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 05 March 1996 (1996-03-05) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/094258

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112796981	A	14 May 2021	None			
CN	112796980	A	14 May 2021	None			
CN	111456825	A	28 July 2020	CN	212202153	U	22 December 2020
CN	109883221	A	14 June 2019	CN	109883221	B	23 October 2020
CN	111412126	A	14 July 2020	CN	111412126	B	28 October 2021
CN	109026241	A	18 December 2018	None			
CN	103216426	A	24 July 2013	CN	103216426	B	10 February 2016
CN	106907203	A	30 June 2017	CN	207064027	U	02 March 2018
JP	H0861085	A	05 March 1996	None			

<p>A. 主题的分类</p> <p>F04B 41/02(2006.01)i; F02C 1/05(2006.01)i; F28D 20/00(2006.01)i; F01D 15/10(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>F04B41/-, F02C1/-, F28D20/-, F01D15/-</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNXT, CNABS, CNKI:压缩机, 膨胀机, 透平, 储热, 蓄热, 释热, 放热, 填充床, 回路, 循环, 换热, 热交换, 做功, 储气; VEN, OETXT: compressor?, expansion, expand+, heat+, accumulate+, storage, releas+, emission, packed bed?, packed-bed?, cycl+, circulation, exchang+, thermal, transducer</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 112796981 A (中国长江三峡集团有限公司) 2021年 5月 14日 (2021 - 05 - 14) 说明书0031-0061段; 图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 112796980 A (中国长江三峡集团有限公司) 2021年 5月 14日 (2021 - 05 - 14) 说明书0032-0065段; 图1-4</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 111456825 A (中煤能源研究院有限责任公司 等) 2020年 7月 28日 (2020 - 07 - 28) 说明书0031-0044段; 图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 109883221 A (中国科学院广州能源研究所) 2019年 6月 14日 (2019 - 06 - 14) 说明书0023-0040段; 图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111412126 A (清华大学) 2020年 7月 14日 (2020 - 07 - 14) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109026241 A (中国科学院工程热物理研究所) 2018年 12月 18日 (2018 - 12 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103216426 A (中国科学院理化技术研究所) 2013年 7月 24日 (2013 - 07 - 24) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 112796981 A (中国长江三峡集团有限公司) 2021年 5月 14日 (2021 - 05 - 14) 说明书0031-0061段; 图1-3	1-10	PX	CN 112796980 A (中国长江三峡集团有限公司) 2021年 5月 14日 (2021 - 05 - 14) 说明书0032-0065段; 图1-4	1-10	Y	CN 111456825 A (中煤能源研究院有限责任公司 等) 2020年 7月 28日 (2020 - 07 - 28) 说明书0031-0044段; 图1	1-10	Y	CN 109883221 A (中国科学院广州能源研究所) 2019年 6月 14日 (2019 - 06 - 14) 说明书0023-0040段; 图1-3	1-10	A	CN 111412126 A (清华大学) 2020年 7月 14日 (2020 - 07 - 14) 全文	1-10	A	CN 109026241 A (中国科学院工程热物理研究所) 2018年 12月 18日 (2018 - 12 - 18) 全文	1-10	A	CN 103216426 A (中国科学院理化技术研究所) 2013年 7月 24日 (2013 - 07 - 24) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 112796981 A (中国长江三峡集团有限公司) 2021年 5月 14日 (2021 - 05 - 14) 说明书0031-0061段; 图1-3	1-10																								
PX	CN 112796980 A (中国长江三峡集团有限公司) 2021年 5月 14日 (2021 - 05 - 14) 说明书0032-0065段; 图1-4	1-10																								
Y	CN 111456825 A (中煤能源研究院有限责任公司 等) 2020年 7月 28日 (2020 - 07 - 28) 说明书0031-0044段; 图1	1-10																								
Y	CN 109883221 A (中国科学院广州能源研究所) 2019年 6月 14日 (2019 - 06 - 14) 说明书0023-0040段; 图1-3	1-10																								
A	CN 111412126 A (清华大学) 2020年 7月 14日 (2020 - 07 - 14) 全文	1-10																								
A	CN 109026241 A (中国科学院工程热物理研究所) 2018年 12月 18日 (2018 - 12 - 18) 全文	1-10																								
A	CN 103216426 A (中国科学院理化技术研究所) 2013年 7月 24日 (2013 - 07 - 24) 全文	1-10																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2021年 10月 29日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2021年 11月 15日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>李杨青</p> <p>电话号码 (86-28) 62967335</p>																								

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 106907203 A (三峡大学) 2017年 6月 30日 (2017 - 06 - 30) 全文	1-10
A	JP H0861085 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 1996年 3月 5日 (1996 - 03 - 05) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/094258

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112796981	A	2021年 5月 14日	无			
CN	112796980	A	2021年 5月 14日	无			
CN	111456825	A	2020年 7月 28日	CN	212202153	U	2020年 12月 22日
CN	109883221	A	2019年 6月 14日	CN	109883221	B	2020年 10月 23日
CN	111412126	A	2020年 7月 14日	CN	111412126	B	2021年 10月 28日
CN	109026241	A	2018年 12月 18日	无			
CN	103216426	A	2013年 7月 24日	CN	103216426	B	2016年 2月 10日
CN	106907203	A	2017年 6月 30日	CN	207064027	U	2018年 3月 2日
JP	H0861085	A	1996年 3月 5日	无			