

(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

(43) 国际公布日
2019 年 7 月 25 日 (25.07.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/141019 A1

- (51) 国际专利分类号:
F25B 1/10 (2006.01) *F25B 9/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/120175
- (22) 国际申请日: 2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810049983.6 2018 年 1 月 18 日 (18.01.2018) CN
- (71) 申请人: 西安交通大学 (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。
- (72) 发明人: 曹锋(CAO, Feng); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。 王静(WANG, Jing); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。 殷翔(YIN, Xiang); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。 李明佳(LI, Mingjia); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (CN)。

- (74) 代理人: 西安通大专利代理有限公司(XI'AN TONG DA PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国陕西省西安市咸宁西路 28 号, Shaanxi 710049 (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

(54) Title: CONTROL METHOD FOR TRANSCRITICAL CARBON DIOXIDE COMPOSITE HEAT PUMP SYSTEM

(54) 发明名称: 一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法

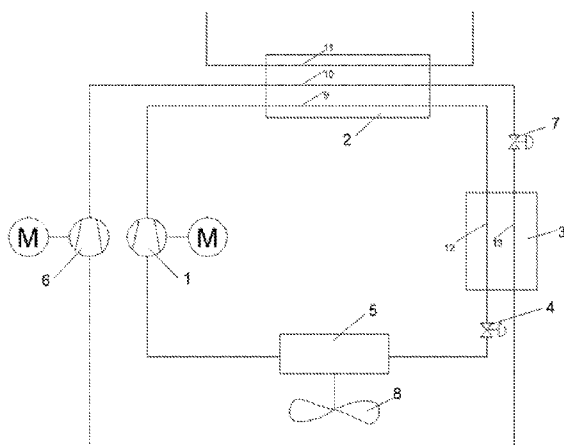


图 1

(57) Abstract: A control method for a transcritical carbon dioxide composite heat pump system, comprising a CO₂ main path compressor (1), an air cooling-air cooling recombiner (2), a supercooling-evaporation recombiner (3), an evaporator (5), and a CO₂ auxiliary compressor (6). The air cooling-air cooling recombiner (2) comprises three passages, i.e., a CO₂ main path (9), a CO₂ auxiliary path (10), and a water path (11). The supercooling-evaporation recombiner (3) comprises two passages, i.e., a CO₂ main path supercooling segment (12) and a CO₂ auxiliary path evaporation segment (13). The control method comprises two operating modes according to return water temperature, so that the application range of the unit is wider, and the daily requirements are met. Since only one heat exchanger for a refrigerating agent and water exists, compared with three heat exchangers for water and refrigerating agent in an existing critical CO₂ composite heat pump, the circulating water path is a one-input one-output single loop, so that the system is simple, and the failure rate is reduced. By using a variable frequency compressor for an auxiliary loop, a heat-pump water heater system can stably and reliably operate for a long time under wider load and temperature conditions, so that the electric energy consumption is reduced, and the starting current of the compressor can also be reduced.

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：一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法，包括CO₂主路压缩机(1)、气冷-气冷复合器(2)、过冷-蒸发复合器(3)、蒸发器(5)和CO₂辅助压缩机(6)；气冷-气冷复合器(2)包含CO₂主路(9)、CO₂辅路(10)和水路(11)三个通路；过冷-蒸发复合器(3)包含CO₂主路过冷段(12)和CO₂辅路蒸发段(13)两个通路。根据回水温度包括两种工作模式，使得机组应用范围更广，满足日常需要；只有一个制冷剂与水的换热器，相比较现有的临界CO₂复合热泵中的三个水和制冷剂的换热器，循环水路为一进一出的单一回路，系统简单，降低了故障率；辅助回路采用变频压缩机可以使热泵热水器系统能够在更宽负荷和温度条件下长时间稳定可靠运行，降低电能消耗，还可以降低压缩机的启动电流。

一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法

技术领域

本发明属于热泵技术领域，特别涉及一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法。

5 背景技术

热泵可以吸收环境空气中的热量，通过工质循环，将热量传递给循环水，起到加热的作用。传统的热泵大多使用 R134a, R410a 等传统工质，环保性较差，面临逐渐淘汰的趋势。

前国际制冷学会主席 G Lorentzen 提出了 CO₂ 跨临界循环理论，指出其在热泵领域将具有极其广阔的发展前景。CO₂ 的临界温度很低，为 31.1℃，故 CO₂ 热泵系统一般采用跨临界循环。CO₂ 跨临界循环压缩机排气温度较高(可达 100℃ 以上)，且在跨临界区内，CO₂ 在冷却过程中存在较大的温度滑移，这种温度滑移正好与所需的变温热源相匹配，可以将水一次加热到很高的温度并保持极高的效率，尤其适合于家用生活热水领域。

CO₂ 跨临界循环系统与传统的亚临界循环系统之间的区别在于：在传统亚临界系统中，制冷剂在冷凝器中大部分区域内温度保持不变，而在 CO₂ 跨临界循环系统中，超临界压力区内并无两相区存在，温度和压力为相互独立的变量，高压侧压力变化对制冷量、压缩机功耗和 COP 值也会产生影响。

跨临界 CO₂ 热泵循环具有独特的优势，其放热过程温度较高且存在一个相当大的温度滑移（约 80~100℃）。研究表明：(1)在蒸发温度为 0℃ 时，水温可以从 0℃ 加热到 60℃，其热泵 COP 可达到 4.3，比电热水器和燃气热水器能耗降低 75% 以上。在寒冷地区，传统空气源热泵的制热量和效率随环境温度的降低下降很快，热泵的使用受到限制。而 CO₂ 热泵系统在低温环境下能维持较高的供热量及很高的出水温度，大大节约辅助加热设备所耗费的能量。

跨临界二氧化碳热泵热水器的性能严重受制于气体冷却器出口温度，气体冷却器出口温

度越低，系统性能越好。当水循环系统中的回水温度足够低（20℃甚至低于 20℃）时，跨临界二氧化碳热泵热水器的气体冷却器出口温度也能够被循环水冷却到相当低的温度，这个时候系统的性能优异。然而当回水温度高于 25℃时（考虑到换热温差，气体冷却器出口二氧化碳温度可能达到 30℃），系统的性能随着回水温度的升高会剧烈下降，当回水温度高于 40℃时二氧化碳热泵系统的性能极差，制热 COP 甚至在 1.5 以下。

现有的跨临界 CO₂ 复合热泵回水分为两路，第一路回水进辅助循环的气体冷却器，然后回到出水口，第二路环的回水进辅助循环蒸发器，冷却后的水进入主循环的气体冷却器，然后回到出水口。第一路出水与第二路出水混合后一起供水给用户。

现有的定频热泵系统采用定频压缩机，共两个回路，需要三个制冷剂与水的换热器，水路分布与连接会极其复杂，并容易出现故障。只能在设计工况下运行（当水循环系统中的回水温度足够低（20℃甚至低于 20℃）时，跨临界二氧化碳热泵热水器的气体冷却器出口温度也能够被循环水冷却到相当低的温度，这个时候系统的性能优异），导致运行时回路流量不能随着工况的改变而做出相应的调整，尤其针对主副级复合型的热泵产品，固定的压缩机流量比难以适应多变的运行工况，造成系统在非设计工况下的能源浪费或性能降低（当回水温度高于 25℃时（考虑到换热温差，气体冷却器出口二氧化碳温度可能达到 30℃），系统的性能随着回水温度的升高会剧烈下降，当回水温度高于 40℃时二氧化碳热泵系统的性能极差，制热 COP 甚至在 1.5 以下）。

发明内容

本发明的目的在于提供了一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法，以解决现有跨临界 CO₂ 复合热泵性能严重受制于气体冷却器出口温度、水路分布与连接复杂且能源浪费的问题，同时改善现有的定频热泵系统采用定频压缩机，回路流量不能改变，尤其针对主副级复合型的热泵产品，固定的压缩机流量比难以适应多变的运行工况的现状，本发明热泵分为

主回路和辅助回路；在一般工况下，回水温度较低时（30℃或者低于 30℃），运行直热型制热模式；当回水温度较高时（高于 30℃），转换为循环型制热模式。两种模式交替运行，有效的改善了已有系统对变工况无法适应的缺点，避免了现有系统在非设计工况下性能的低下以及对能源的浪费，达到在多工况条件下依然保持高的性能的同时，由于两种模式的交替，避免了已有的系统单一工作模式造成的能源浪费，而且减少了换热器的数量，简化了系统的结构，降低了出现故障的概率。

为了实现上述的目的，本发明采用的技术方案是：

一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法，所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统，包括 CO₂ 主路压缩机、气冷-气冷复合器、过冷-蒸发复合器、蒸发器和 CO₂ 辅助压缩机；气冷-气冷复合器包含 CO₂ 主路、CO₂ 辅路和水路三个通路；过冷-蒸发复合器包含 CO₂ 主路过冷段和 CO₂ 辅路蒸发段两个通路；所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统包含主回路和辅助回路两个回路；主回路：CO₂ 主路压缩机的出口连接气冷-气冷复合器的 CO₂ 主路的进口，气冷-气冷复合器的 CO₂ 主路的出口连接过冷-蒸发复合器的 CO₂ 主路过冷段进口，过冷-蒸发复合器的 CO₂ 主路过冷段的出口连接蒸发器的进口，蒸发器的出口连接 CO₂ 主路压缩机的进口；辅助回路：CO₂ 辅助压缩机的出口连接气冷-气冷复合器的 CO₂ 辅路的进口，气冷-气冷复合器 CO₂ 辅路的出口连接过冷-蒸发复合器的 CO₂ 辅路蒸发段的进口，过冷-蒸发复合器的 CO₂ 辅路蒸发段的出口连接 CO₂ 辅助压缩机的进口；主回路上过冷-蒸发复合器和蒸发器之间设置有 CO₂ 主路膨胀阀；辅助回路上气冷-气冷复合器和过冷-蒸发复合器之间设置有 CO₂ 辅助膨胀阀；

所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统工作在循环型制热模式下，所述控制方法包括：

CO₂ 主回路压缩机工作，主回路打开，CO₂ 辅助压缩机工作，辅助回路打开；风扇处于开启状态；主回路：CO₂ 工质由状态点 a 经过 CO₂ 主路压缩机的压缩后达到状态点 b，进入气冷-气冷复合器的 CO₂ 主路中，对水路中的循环水进行加热，并且自身冷却到合适的温度达到

状态点 c, 然后流经过冷-蒸发复合器的 CO₂ 主路过冷段, 与 CO₂ 辅路蒸发段进行换热, 进一步冷却降温, 达到状态点 d, 然后进入 CO₂ 主路膨胀阀进行膨胀, 膨胀后的低压工质达到状态点 e, 进入到蒸发器进行蒸发, 吸收热量, 回到状态点 a, 最后回到 CO₂ 主路压缩机的进口;

辅助回路: CO₂ 工质由状态点 f 经过 CO₂ 辅助压缩机的压缩后达到状态点 g, 进入气冷-气冷复合器的 CO₂ 辅路中, 对水路中的循环水进行加热, 并且自身冷却降温达到状态点 h, 接着进入 CO₂ 辅路膨胀阀进行膨胀达到状态点 i, 膨胀后的低压工质进入过冷-蒸发复合器的 CO₂ 辅路蒸发段, 与 CO₂ 主路过冷段换热, 进一步冷却 CO₂ 主路过冷段, 自身蒸发吸热达到状态点 f, 最后回到 CO₂ 辅助压缩机的进口。

进一步的, 在气冷-气冷复合器中, 主路 CO₂ 工质在 CO₂ 主路中冷却放热, 辅路 CO₂ 工质在 CO₂ 辅路中冷却放热, 循环水吸收热量, 达到设定的温度; 在过冷-蒸发复合器中, 主路 CO₂ 工质在 CO₂ 主路过冷段进一步冷却放热, 辅路 CO₂ 工质在 CO₂ 辅路蒸发段蒸发吸热, CO₂ 辅路蒸发段与 CO₂ 主路过冷段换热, 保持热量平衡。

进一步的, 辅路控制控制方法: 采集环境温度 $t_{\text{环}}$ 、用户设定的气冷-气冷复合器的 CO₂ 辅路出口的温度 $t_{g,out \text{ 辅路}}$ 和用户设定的气冷-气冷复合器的水路出口的温度 $t_{\text{回水}}$, 通过公式计算出 CO₂ 辅助压缩机的排气压力 $P_{co_2, \text{辅路}}$, 通过调节 CO₂ 辅路膨胀阀的开度来达到给定的压力; 根据公式计算出 CO₂ 辅助压缩机的电机频率 $f_{\text{压缩机 6}}$, 使压缩机的频率随着工况进行变化;

$$P_{co_2, \text{辅路}} = 0.0036t_{g,out \text{ 辅路}}^2 - 0.02t_{g,out \text{ 辅路}} - 0.035t_{\text{环}} + 0.067t_{\text{回水}} + 7.38 \quad (1)$$

$$f_{\text{压缩机 6}} = 50 - 0.005t_{g,out \text{ 辅路}}^2 + 0.17t_{g,out \text{ 辅路}} + 0.65t_{\text{环}} + 0.13t_{\text{回水}}$$

主路控制控制方法: 采集环境温度 $t_{\text{环}}$ 、用户设定的气冷-气冷复合器的 CO₂ 主路出口的温度 $t_{g,out \text{ 主路}}$ 和用户设定的气冷-气冷复合器的水路出口的温度 $t_{\text{回水}}$; 然后通过公式计算出 CO₂ 主回路压缩机的最优排气压力 $P_{co_2, \text{主路}}$, 通过调节 CO₂ 主路膨胀阀的开度来达到给定的压力;

$$P_{CO_2, \text{主路}} = \frac{50}{f_{\text{压缩机1}}} (0.00171t_{g, \text{out主路}}^2 - 0.03t_{g, \text{out主路}} - 0.018t_{\text{环}} - 0.03\sqrt{t_{\text{回水}}} + 7.38) \quad (3)$$

进一步的，气冷-气冷复合器包括三个内管和一个外管，两个内管路作为 CO₂ 主回路，一个内管路作为 CO₂ 辅路，外管和三个内管之间的通路为水路；三个内管呈正三角形布置，三个内管间的管间距相同，均为 D_L；三个内管的直径相同均为 D₂，外管的直径为 D₁；两个 CO₂ 主回路的一端在气冷-气冷复合器的外侧合成一个管子连接 CO₂ 主回路压缩机的排气口，两个 CO₂ 主回路的另一端在气冷-气冷复合器的外侧合成一个管子连接排气口 CO₂ 主路过冷段；三个内管间的管间距 D_L、三个内管的直径 D₂ 和外管的直径 D₁ 的关系为：

$$D_L = 1.7D_2 \quad (4)$$

$$D_1/D_2 = 3.7 \quad (5)$$

进一步的，蒸发器上还安装有风扇。

进一步的，CO₂ 辅助压缩机采用变频压缩机。

进一步的，用户设定的气冷-气冷复合器的水路出口的温度大于或等于 30℃ 时，所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统工作在循环型制热模式下。

与现有的技术相比，本发明有以下有益效果：

本发明提供了一种跨临界 CO₂ 复合热泵及其控制方法，采用将热泵分为主回路和辅助回路的控制方式；使得在一般工况下，回水温度较低时（30℃ 或者低于 30℃），运行直热型制热模式；当回水温度较高时（高于 30℃），转换为循环型制热模式，使系统适应多变工况的同时，还能达到节约能源的目的。

当回水温度较高时（高于 30℃），运行循环型制热模式，主路压缩机工作，主回路打开，辅助路压缩机工作，辅助回路打开，风扇处于开启状态；在辅助回路的第一过冷-蒸发复合器中，辅助回路的 CO₂ 蒸发吸热，对主回路中的 CO₂ 进行第二次降温，使主回路中的 CO₂ 达到合适的出口温度，保证较高的系统性能。

进一步的，本发明中只有一个制冷剂与水的换热器，也就是气冷-气冷复合器。相比较现有的跨临界 CO₂ 复合热泵中的三个水和制冷剂的换热器，本循环水路为一进一出的单一回路，系统简单，降低了故障率。

进一步的，根据实际中回水温度的不同，通过控制两个压缩机，进行直热型制热模式和
5 循环型制热模式的转换，使热泵机组的应用范围更广，性能更高。

进一步的，CO₂ 属于惰性气体，无毒无刺激；良好的安全性和化学稳定性，安全无毒，不可燃，即便在高温下也不分解产生有害气体；其对全球变暖潜力指数 GWP 为 1，CO₂ 不需要工业合成，只需要在大气中提取就可以，使用方便；同时，它对大气臭氧层无任何破坏作用，ODP 为 0。并且，CO₂ 本身优越的热物理特性以及良好的迁移特性也适合其作为制冷工
10 质。

进一步的，本发明制热方式采用 CO₂ 热泵型式，能源利用率更高，更加节能。CO₂ 蒸发潜热较大，单位容积制冷量高，具有优良的流动和传热特性，可显著减小系统的尺寸，使整个系统非常紧凑。

进一步的，跨临界 CO₂ 热泵循环具有独特的优势，其放热过程温度较高且存在一个相当
15 大的温度滑移（约 80~100℃）。其热泵 COP 可达到 4.3，比电热水器和燃气热水器能耗降低 75% 以上。在寒冷地区，传统空气源热泵的制热量和效率随环境温度的降低下降很快，热泵的使用受到限制。而 CO₂ 热泵系统在低温环境下能维持较高的供热量，大大节约辅助加热设备所消耗的能量。

进一步的，辅助回路采用变频压缩机可以使热泵热水器系统能够在更宽负荷和温度条件
20 下长时间稳定可靠运行，降低电能消耗，还可以降低压缩机的启动电流。

进一步的，当回水温度较高时，CO₂ 辅路的排气压力越高，制热量越大，运行效果越好。从控制原理角度出发，提出公式（1），用于控制压缩机 6 的排气压力。以保证整个系统的高

性能运转。

进一步的，循环中 d 处的温度需要保持为合适的值，为了均衡压缩机 6 的功耗，可以使压缩机的频率随着工况进行变化，通过公式（2）计算压缩机 6 的最优频率，通过控制压缩机 6 的转速，使系统保持高效运行。

- 5 进一步的，利用公式（3）可以计算出压缩机 1 的最优排气压力，可以让主回路始终保持较高效率的运行。

进一步的，利用公式（4），（5）可以选用换热效率的最高的气冷-气冷复合器，提高系统的整体的性能。

附图说明

- 10 图 1 是本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的结构示意图；
- 图 2 是本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统直热型制热模式下的结构示意图；
- 图 3 是本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统直热型制热模式下的循环示意图；
- 图 4 是本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统循环型制热模式下的结构示意图；
- 图 5 是本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统循环型制热模式下的循环示意图；
- 15 图 6 是本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的气冷-气冷复合器的内部管路布置示意图；

其中：1、CO₂ 主路压缩机；2、气冷-气冷复合器；3、过冷-蒸发复合器；4、CO₂ 主路膨胀阀；5、蒸发器；6、CO₂ 辅助压缩机；7、CO₂ 辅助膨胀阀；8、风扇；9、CO₂ 主路；10、CO₂ 辅路；11、水路；12、CO₂ 主路过冷段；13、CO₂ 辅路蒸发段。

20 具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

请参阅图 1，本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统，包括 CO₂ 主路压缩机 1、气冷-

气冷复合器 2、过冷-蒸发复合器 3、蒸发器 5 和 CO₂ 辅助压缩机 6。

气冷-气冷复合器 2 包含 CO₂ 主路 9、CO₂ 辅路 10 和水路 11 三个通路；过冷-蒸发复合器 3 包含 CO₂ 主路过冷段 12 和 CO₂ 辅路蒸发段 13 两个通路。

本发明一种跨临界二氧化碳复合热泵系统包含主回路和辅助回路两个回路；

5 主回路：CO₂ 主路压缩机 1 的出口连接气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 主路 9 的进口，气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 主路 9 的出口连接过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 主路过冷段 12 进口，过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 主路过冷段 12 的出口连接蒸发器 5 的进口，蒸发器 5 的出口连接 CO₂ 主路压缩机 1 的进口；

10 辅助回路：CO₂ 辅助压缩机 6 的出口连接气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 辅路 10 的进口，气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 辅路 10 的出口连接过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 辅路蒸发段 13 的进口，过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 辅路蒸发段 13 的出口连接 CO₂ 辅助压缩机 6 的进口。

主回路上过冷-蒸发复合器 3 和蒸发器 5 之间设置有 CO₂ 主路膨胀阀 4；辅助回路上气冷-气冷复合器 2 和过冷-蒸发复合器 3 之间设置有 CO₂ 辅助膨胀阀 7。

蒸发器 5 上还安装有风扇 8，通过改变风扇的转速，可以调节合适的换热系数。

15 CO₂ 辅助压缩机 6 采用变频压缩机。

请参阅图 6 所示，气冷-气冷复合器 2 包括三个内管和一个外管，两个内管路作为 CO₂ 主回路 9，一个内管路作为 CO₂ 辅路 10，外管和三个内管之间的通路为水路 11。三个内管呈正三角形布置，三个内管间的管间距相同，均为 D_L ；三个内管的直径相同均为 D_2 ，外管的直径为 D_1 。两个 CO₂ 主回路 9 的一端在气冷-气冷复合器 2 的外侧合成一个管子连接 CO₂ 主回路压缩机 1 的排气口，两个 CO₂ 主回路 9 的另一端在气冷-气冷复合器 2 的外侧合成一个管子连接 CO₂ 主路过冷段 12。

20

为了保证机组在回水温度改变时，能保证合适的 CO₂ 的冷却温度，从而保证较高的系统

性能，本发明设置了两种运行模式：

直热型制热模式（回水温度为 30℃或者低于 30℃）：请参阅图 2 和图 3，CO₂ 主回路压缩机 1 工作，主回路打开；CO₂ 辅助压缩机 6 关闭，辅助回路关闭；风扇处于开启状态。主回路：CO₂ 工质由状态点 a 经过 CO₂ 主路压缩机 1 的压缩后达到状态点 b，进入气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 主路 9 中，对水路 11 中的循环水进行加热，并且自身冷却到合适的温度达到状态点 c，然后流经过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 主路过冷段 12 状态不改变，依旧为状态点 c，然后进入 CO₂ 主路膨胀阀 4 进行膨胀，膨胀后的低压工质达到状态点 d，进入到蒸发器 5 进行蒸发，吸收热量，回到状态点 a，最后回到 CO₂ 主路压缩机 1 的进口。

循环型制热模式（回水温度高于 30℃）：请参阅图 4 和图 5，CO₂ 主回路压缩机 1 工作，主回路打开，CO₂ 辅助压缩机 6 工作，辅助回路打开；风扇处于开启状态。主回路：CO₂ 工质由状态点 a 经过 CO₂ 主路压缩机 1 的压缩后达到状态点 b，进入气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 主路 9 中，对水路 11 中的循环水进行加热，并且自身冷却到合适的温度达到状态点 c，然后流经过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 主路过冷段 12，与 CO₂ 辅路蒸发段进行换热，进一步冷却降温，达到状态点 d，然后进入 CO₂ 主路膨胀阀 4 进行膨胀，膨胀后的低压工质达到状态点 e，进入到蒸发器 5 进行蒸发，吸收热量，回到状态点 a，最后回到 CO₂ 主路压缩机 1 的进口。

辅助回路：CO₂ 工质由状态点 f 经过 CO₂ 辅助压缩机 6 的压缩后达到状态点 g，进入气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 辅路 10 中，对水路 11 中的循环水进行加热，并且自身冷却降温达到状态点 h，接着进入 CO₂ 辅路膨胀阀 7 进行膨胀达到状态点 i，膨胀后的低压工质进入过冷-蒸发复合器 3 的 CO₂ 辅路蒸发段 13，与 CO₂ 主路过冷段 12 换热，进一步冷却 CO₂ 主路过冷段 12，自身蒸发吸热达到状态点 f，最后回到 CO₂ 辅助压缩机 6 的进口。

在气冷-气冷复合器 2 中，主路 CO₂ 工质在 CO₂ 主路 9 中冷却放热，辅路 CO₂ 工质在 CO₂ 辅路 10 中冷却放热，循环水吸收热量，达到合适的温度。在过冷-蒸发复合器 3 中，主路 CO₂

工质在 CO₂ 主路过冷段 12 进一步冷却放热，达到合适温度，辅路 CO₂ 工质在 CO₂ 辅路蒸发段 13 蒸发吸热，CO₂ 辅路蒸发段 13 与 CO₂ 主路过冷段 12 换热，保持热量平衡。

辅路控制：当回水温度较高（大于或等于 30℃）时，CO₂ 辅路的排气压力越高，制热量越大，运行效果越好。从控制原理角度出发，提出一个 CO₂ 辅路排气压力的拟合公式，用于控制压缩机 6 的排气压力。以保证整个系统的高性能运转。当给定 $t_{g,out 辅路}$ （气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 辅路 10 出口的温度）， $t_{环}$ （环境温度）， $t_{回水}$ （气冷-气冷复合器 2 的水路 11 出口的温度）后，通过公式计算出 $P_{co_2, 辅路}$ （CO₂ 辅助压缩机 6 的排气压力），通过调节 CO₂ 辅路膨胀阀 7 的开度来达到给定的压力，从而保证系统更高效的运行。本发明提出，在工况变化时，CO₂ 辅助压缩机 6 的适应性频率控制公式。循环中 d 处的温度需要保持为合适的值，为了均衡 CO₂ 辅助压缩机 6 的功耗，可以使压缩机的频率随着工况进行变化，使系统保持高效运行，提出下面的拟合公式。可以根据公式计算出 $f_{压缩机 6}$ （CO₂ 辅助压缩机 6 的电机频率），可以使压缩机的频率随着工况进行变化，使系统保持高效运行。

$$P_{co_2, 辅路} = 0.0036t_{g,out 辅路}^2 - 0.02t_{g,out 辅路} - 0.035t_{环} + 0.067t_{回水} + 7.38 \quad (1)$$

$$f_{压缩机 6} = 50 - 0.005t_{g,out 辅路}^2 + 0.17t_{g,out 辅路} + 0.65t_{环} + 0.13t_{回水}$$

(2)

主路控制：当给定 $t_{g,out 主路}$ （气冷-气冷复合器 2 的 CO₂ 主路 9 出口的温度）， $t_{环}$ （环境温度）， $t_{回水}$ （气冷-气冷复合器 2 的水路 11 出口的温度），可以通过公式计算出 $P_{co_2, 主路}$ （CO₂ 主回路压缩机 1 的最优排气压力），通过调节 CO₂ 主路膨胀阀 4 的开度来达到给定的压力，从而保证系统的高效运行。

$$P_{co_2, 主路} = \frac{50}{f_{压缩机 1}} (0.00171t_{g,out 主路}^2 - 0.03t_{g,out 主路} - 0.018t_{环} - 0.03\sqrt{t_{回水}} + 7.38) \quad (3)$$

为了保证 CO₂ 与水充分换热，本发明创造性的提出了气冷-气冷复合器的结构最优参数：在选用气冷-气冷复合器 2 的时候，可以根据参数 D₁：外管直径和公式，计算出 D_L：内管间

的中心距，选用最适合本系统的气冷-气冷复合器。

$$D_L = 1.7D_2 \quad (4)$$

$$D_1/D_2 = 3.7 \quad (5)。$$

1、一种跨临界二氧化碳复合热泵系统的控制方法，其特征在于，所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统，包括 CO₂ 主路压缩机（1）、气冷-气冷复合器（2）、过冷-蒸发复合器（3）、蒸发器（5）和 CO₂ 辅助压缩机（6）；气冷-气冷复合器（2）包含 CO₂ 主路（9）、CO₂ 辅路（10）和水路（11）三个通路；过冷-蒸发复合器（3）包含 CO₂ 主路过冷段（12）和 CO₂ 辅路蒸发段（13）两个通路；所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统包含主回路和辅助回路两个回路；

主回路：CO₂ 主路压缩机（1）的出口连接气冷-气冷复合器（2）的 CO₂ 主路（9）的进口，气冷-气冷复合器（2）的 CO₂ 主路（9）的出口连接过冷-蒸发复合器（3）的 CO₂ 主路过冷段（12）进口，过冷-蒸发复合器（3）的 CO₂ 主路过冷段（12）的出口连接蒸发器（5）的进口，蒸发器（5）的出口连接 CO₂ 主路压缩机（1）的进口；

10 辅助回路：CO₂ 辅助压缩机（6）的出口连接气冷-气冷复合器（2）的 CO₂ 辅路（10）的进口，气冷-气冷复合器（2）CO₂ 辅路（10）的出口连接过冷-蒸发复合器（3）的 CO₂ 辅路蒸发段（13）的进口，过冷-蒸发复合器（3）的 CO₂ 辅路蒸发段（13）的出口连接 CO₂ 辅助压缩机（6）的进口；

主回路上过冷-蒸发复合器（3）和蒸发器（5）之间设置有 CO₂ 主路膨胀阀（4）；辅助回路上气冷-气冷复合器（2）和过冷-蒸发复合器（3）之间设置有 CO₂ 辅助膨胀阀（7）；

所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统工作在循环型制热模式下，所述控制方法包括：

CO₂ 主回路压缩机工作，主回路打开，CO₂ 辅助压缩机工作，辅助回路打开；风扇处于开启状态；

主回路：CO₂ 工质由状态点 a 经过 CO₂ 主路压缩机的压缩后达到状态点 b，进入气冷-气冷复合器的 CO₂ 主路中，对水路中的循环水进行加热，并且自身冷却到合适的温度达到状态点 c，然后流经过冷-蒸发复合器的 CO₂ 主路过冷段，与 CO₂ 辅路蒸发段进行换热，进一步冷却降温，达到状态点 d，然后进入 CO₂ 主路膨胀阀进行膨胀，膨胀后的低压工质达到状态点 e，

进入到蒸发器进行蒸发，吸收热量，回到状态点 a，最后回到 CO₂ 主路压缩机的进口；

辅助回路：CO₂ 工质由状态点 f 经过 CO₂ 辅助压缩机的压缩后达到状态点 g，进入气冷-气冷复合器的 CO₂ 辅路中，对水路中的循环水进行加热，并且自身冷却降温达到状态点 h，接着进入 CO₂ 辅路膨胀阀进行膨胀达到状态点 i，膨胀后的低压工质进入过冷-蒸发复合器的 CO₂ 辅路蒸发段，与 CO₂ 主路过冷段换热，进一步冷却 CO₂ 主路过冷段，自身蒸发吸热达到状态点 f，最后回到 CO₂ 辅助压缩机的进口。

2、根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，在气冷-气冷复合器中，主路 CO₂ 工质在 CO₂ 主路中冷却放热，辅路 CO₂ 工质在 CO₂ 辅路中冷却放热，循环水吸收热量，达到设定的温度；在过冷-蒸发复合器中，主路 CO₂ 工质在 CO₂ 主路过冷段进一步冷却放热，辅路 CO₂ 工质在 CO₂ 辅路蒸发段蒸发吸热，CO₂ 辅路蒸发段与 CO₂ 主路过冷段换热，保持热量平衡。

3、根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，辅路控制控制方法：采集环境温度 $t_{\text{环}}$ 、用户设定的气冷-气冷复合器的 CO₂ 辅路出口的温度 $t_{g,out \text{ 辅路}}$ 和用户设定的气冷-气冷复合器的水路出口的温度 $t_{\text{回水}}$ ，通过公式（1）计算出 CO₂ 辅助压缩机的排气压力 $P_{co_2, \text{辅路}}$ ，通过调节 CO₂ 辅路膨胀阀（7）的开度来达到给定的压力；根据公式（2）计算出 CO₂ 辅助压缩机的电机频率 $f_{\text{压缩机 6}}$ ，使压缩机的频率随着工况进行变化；

$$P_{co_2, \text{辅路}} = 0.0036t_{g,out \text{ 辅路}}^2 - 0.02t_{g,out \text{ 辅路}} - 0.035t_{\text{环}} + 0.067t_{\text{回水}} + 7.38 \quad (1)$$

$$f_{\text{压缩机 6}} = 50 - 0.005t_{g,out \text{ 辅路}}^2 + 0.17t_{g,out \text{ 辅路}} + 0.65t_{\text{环}} + 0.13t_{\text{回水}} \quad (2)$$

主路控制控制方法：采集环境温度 $t_{\text{环}}$ 、用户设定的气冷-气冷复合器的 CO₂ 主路出口的温度 $t_{g,out \text{ 主路}}$ 和用户设定的气冷-气冷复合器的水路出口的温度 $t_{\text{回水}}$ ；然后通过公式（3）计算出 CO₂ 主回路压缩机的最优排气压力 $P_{co_2, \text{主路}}$ ，通过调节 CO₂ 主路膨胀阀的开度来达到给定的压力；

$$P_{CO_2, \text{主路}} = \frac{50}{f_{\text{压缩机1}}} (0.00171t_{g, \text{out主路}}^2 - 0.03t_{g, \text{out主路}} - 0.018t_{\text{环}} - 0.03\sqrt{t_{\text{回水}}} + 7.38) \quad (3)。$$

4、根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，气冷-气冷复合器（2）包括三个内管和一个外管，两个内管路作为 CO₂ 主回路（9），一个内管路作为 CO₂ 辅路（10），外管和三个内管之间的通路为水路（11）；三个内管呈正三角形布置，三个内管间的管间距相同，均为 D_L；三个内管的直径相同均为 D₂，外管的直径为 D₁；两个 CO₂ 主回路（9）的一端在气冷-气冷复合器（2）的外侧合成一个管子连接 CO₂ 主回路压缩机（1）的排气口，两个 CO₂ 主回路（9）的另一端在气冷-气冷复合器（2）的外侧合成一个管子连接排气口 CO₂ 主路过冷段（12）；

三个内管间的管间距 D_L、三个内管的直径 D₂ 和外管的直径 D₁ 的关系为：

$$D_L = 1.7D_2 \quad (4)$$

$$D_1/D_2 = 3.7 \quad (5)。$$

5、根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，蒸发器（5）上还安装有风扇（8）。

6、根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，CO₂ 辅助压缩机（6）采用变频压缩机。

7、根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，用户设定的气冷-气冷复合器的水路出口的温度大于或等于 30℃时，所述一种跨临界二氧化碳复合热泵系统工作在循环型制热模式下。

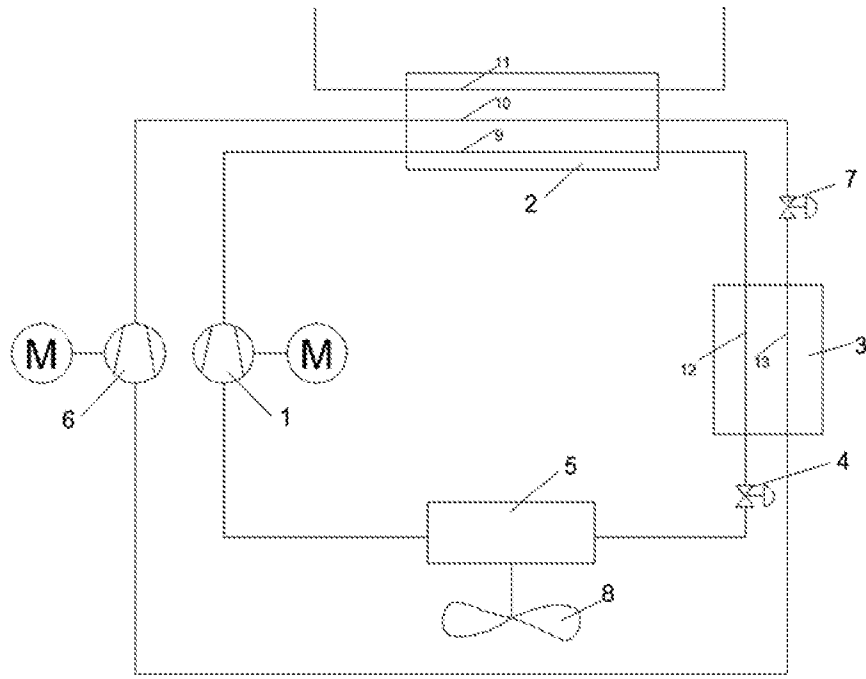


图 1

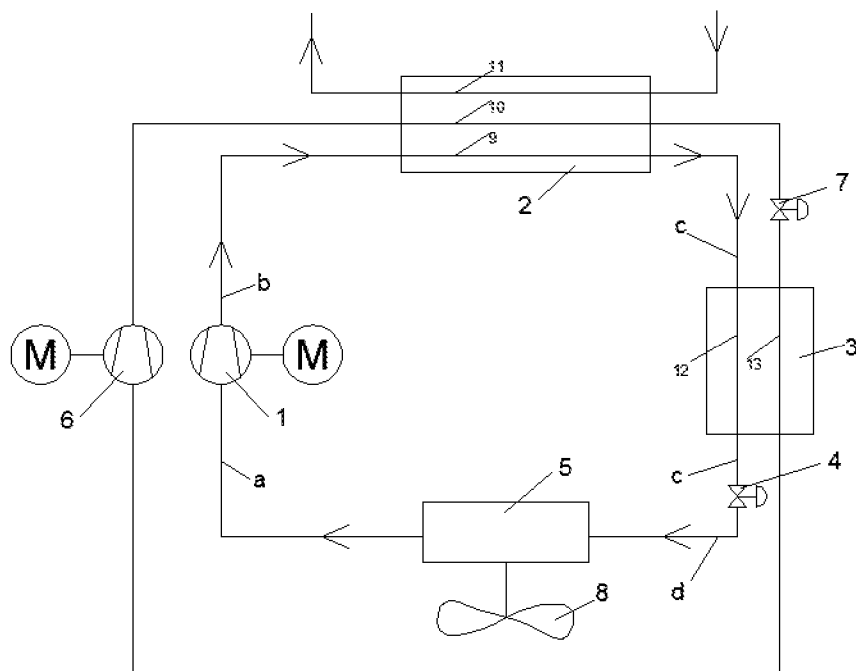


图 2

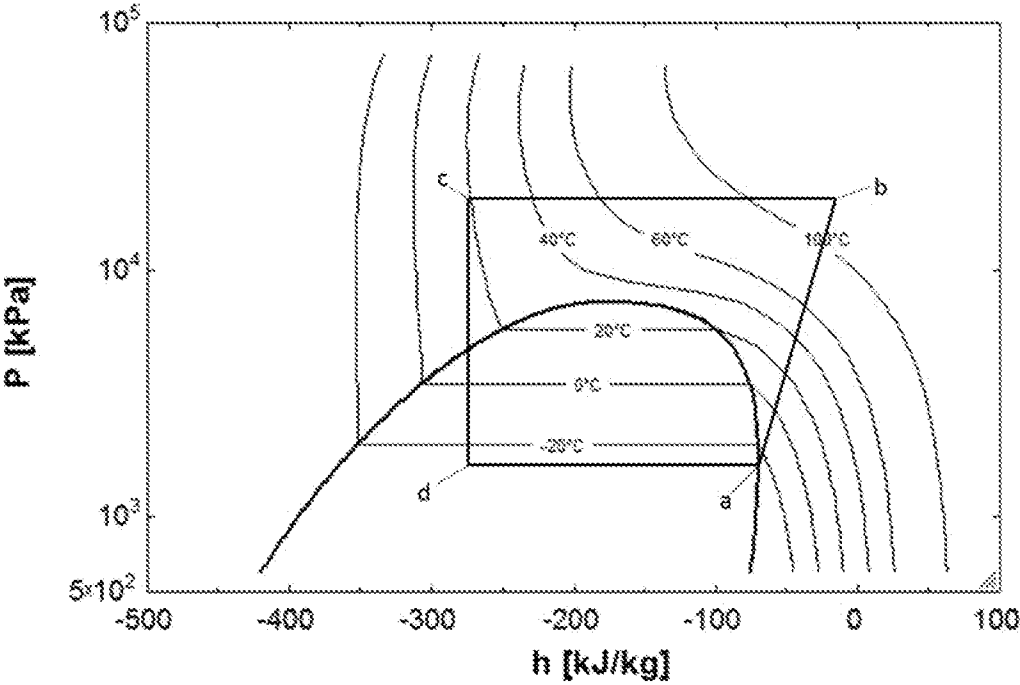


图 3

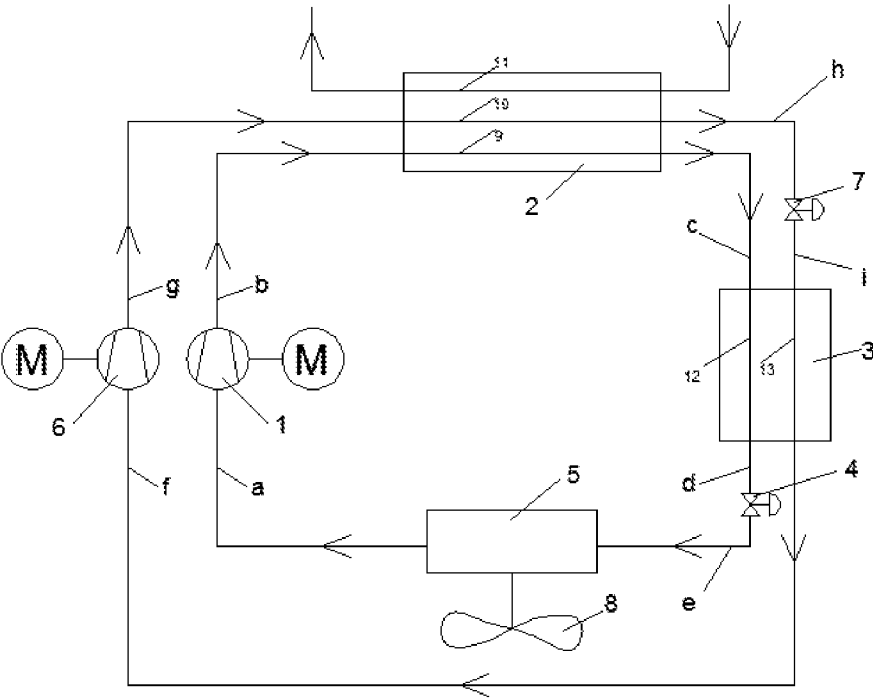


图 4

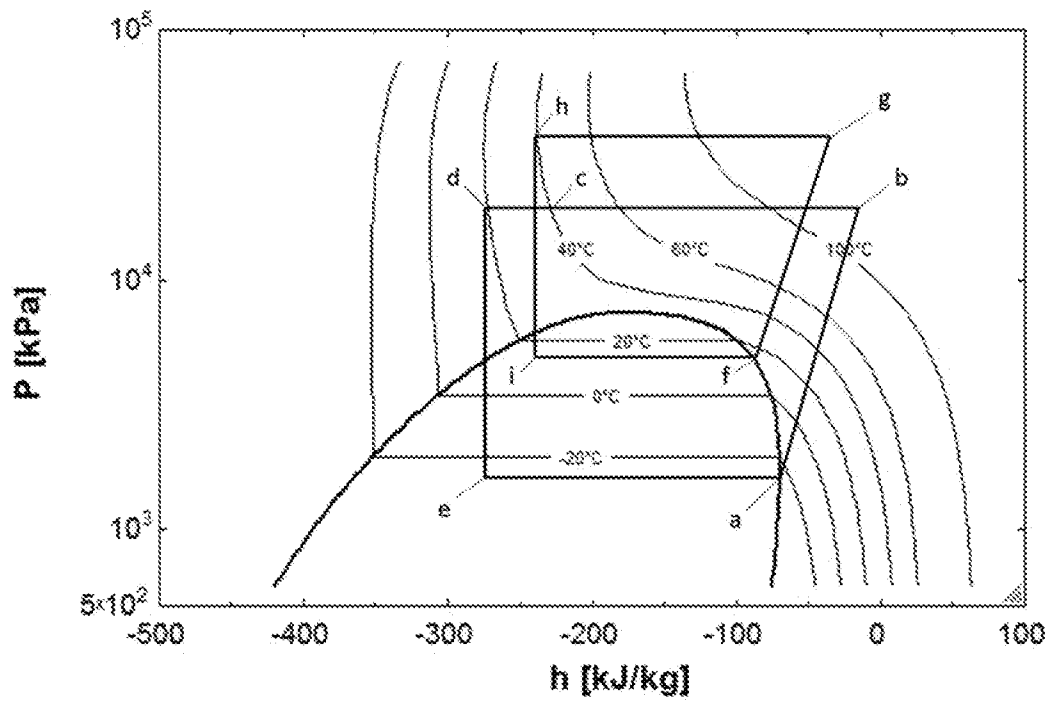


图 5

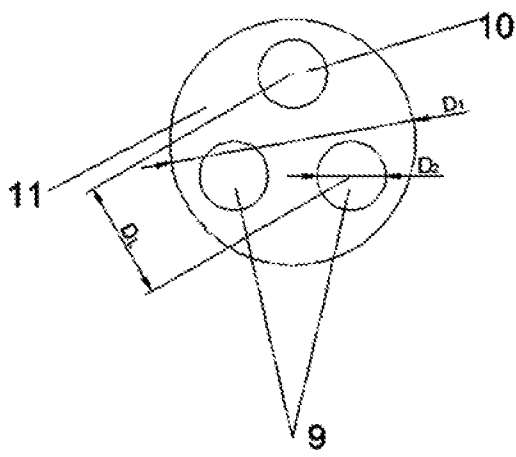


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/120175

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B 1/10(2006.01)i; F25B 9/00(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)

F25B1; F25B9; F25B30; F25B41; F25B49; F24H

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)

WPI, EPODOC, CNABS, CNKI: 超临界, 热泵, 二氧化碳, 循环, 冷却, 压缩机, 压力, 频率, transcritical, critical, heat w pump? , carbon 2d dioxide, loop? , carbon 2d dioxide, loop? , force, pressure, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106440441 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 22 February 2017 (2017-02-22) description, paragraphs [0009]-[0051], and figures 1-6	1, 2, 5-7
X	CN 206131508 U (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 26 April 2017 (2017-04-26) description, paragraphs [0009]-[0046], and figures 1-6	1, 2, 5-7
A	CN 105509125 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 20 April 2016 (2016-04-20) entire document	1-7
A	CN 205119545 U (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 30 March 2016 (2016-03-30) entire document	1-7
A	WO 2014116915 A1 (EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES RETAIL SOLUTIONS, INC.) 31 July 2014 (2014-07-31) entire document	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

20 February 2019

Date of mailing of the international search report

13 March 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/120175

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106440441	A	22 February 2017	None			
CN	206131508	U	26 April 2017	None			
CN	105509125	A	20 April 2016	CN	105509125	B	26 June 2018
CN	205119545	U	30 March 2016	None			
WO	2014116915	A1	31 July 2014	BR	112015017772	A2	11 July 2017
				US	2014208785	A1	31 July 2014
				US	9625183	B2	18 April 2017
				EP	2948719	A4	28 September 2016
				AU	2014209299	B2	13 October 2016
				CN	106461284	A	22 February 2017
				CA	2899277	A1	31 July 2014
				CA	2899277	C	17 July 2018
				EP	2948719	A1	02 December 2015
				AU	2014209299	A1	13 August 2015
				AU	2014209299	C1	02 February 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/120175

A. 主题的分类 F25B 1/10(2006.01)i; F25B 9/00(2006.01)i 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																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) F25B1; F25B9; F25B30; F25B41; F25B49; F24H 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) WPI, EPDOC, CNABS, CNKI:超临界, 热泵, 二氧化碳, 循环, 冷却, 压缩机, 压力, 频率, transcritical, critical, heat w pump?, carbon 2d dioxide, loop?, cool+, compressor?, force, pressure, frequency																				
C. 相关文件 <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>X</td> <td>CN 106440441 A (西安交通大学) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 说明书第[0009]-[0051]段, 附图1-6</td> <td>1, 2, 5-7</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 206131508 U (西安交通大学) 2017年 4月 26日 (2017 - 04 - 26) 说明书第[0009]-[0046]段, 附图1-6</td> <td>1, 2, 5-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105509125 A (西安交通大学) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 205119545 U (西安交通大学) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2014116915 A1 (EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES RETAIL SOLUTIONS INC) 2014年 7月 31日 (2014 - 07 - 31) 全文</td> <td>1-7</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	X	CN 106440441 A (西安交通大学) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 说明书第[0009]-[0051]段, 附图1-6	1, 2, 5-7	X	CN 206131508 U (西安交通大学) 2017年 4月 26日 (2017 - 04 - 26) 说明书第[0009]-[0046]段, 附图1-6	1, 2, 5-7	A	CN 105509125 A (西安交通大学) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 全文	1-7	A	CN 205119545 U (西安交通大学) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-7	A	WO 2014116915 A1 (EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES RETAIL SOLUTIONS INC) 2014年 7月 31日 (2014 - 07 - 31) 全文	1-7
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 106440441 A (西安交通大学) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 说明书第[0009]-[0051]段, 附图1-6	1, 2, 5-7																		
X	CN 206131508 U (西安交通大学) 2017年 4月 26日 (2017 - 04 - 26) 说明书第[0009]-[0046]段, 附图1-6	1, 2, 5-7																		
A	CN 105509125 A (西安交通大学) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 全文	1-7																		
A	CN 205119545 U (西安交通大学) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-7																		
A	WO 2014116915 A1 (EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES RETAIL SOLUTIONS INC) 2014年 7月 31日 (2014 - 07 - 31) 全文	1-7																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 </td> <td> “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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	“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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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	“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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																			
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期																		
2019年 2月 20日		2019年 3月 13日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																		
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 传真号 (86-10)62019451		韩冰 电话号码 86-010-62084871																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/120175

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	106440441	A	2017年 2月 22日	无			
CN	206131508	U	2017年 4月 26日	无			
CN	105509125	A	2016年 4月 20日	CN	105509125	B	2018年 6月 26日
CN	205119545	U	2016年 3月 30日	无			
WO	2014116915	A1	2014年 7月 31日	BR	112015017772	A2	2017年 7月 11日
				US	2014208785	A1	2014年 7月 31日
				US	9625183	B2	2017年 4月 18日
				EP	2948719	A4	2016年 9月 28日
				AU	2014209299	B2	2016年 10月 13日
				CN	106461284	A	2017年 2月 22日
				CA	2899277	A1	2014年 7月 31日
				CA	2899277	C	2018年 7月 17日
				EP	2948719	A1	2015年 12月 2日
				AU	2014209299	A1	2015年 8月 13日
				AU	2014209299	C1	2017年 2月 2日