

(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
2025 年 6 月 19 日 (19.06.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/123797 A1

- (51) 国际专利分类号:
F25B 30/02 (2006.01) *F25B 49/02* (2006.01)
F25B 41/40 (2021.01) *F04D 27/02* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/116193
- (22) 国际申请日: 2024 年 9 月 2 日 (02.09.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202311727335.9 2023年12月15日 (15.12.2023) CN
- (71) 申请人: 珠海格力电器股份有限公司 (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) [CN/CN]; 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608 519031 (CN)。

- (72) 发明人: 黄成武 (HUANG, Chengwu); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608 519031 (CN)。任帅峰 (REN, Shuaifeng); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608 519031 (CN)。周宇 (ZHOU, Yu); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608 519031 (CN)。梁湖 (LIANG, Hu); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608 519031 (CN)。
- (74) 代理人: 中国贸促会专利商标事务所有限公司 (CCPIT PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE); 中国北京市西城区复兴门内大街158号远洋大厦F10层 100031 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,

(54) Title: SERIES HEAT PUMP UNIT CONTROL METHOD AND SYSTEM, AND READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 串联热泵机组控制方法、系统以及可读存储介质

根据串联热泵机组的出水温度与设定水温的温度差值判断串联热泵机组执行以下其中一种操作: 机组保持、机组加载、机组卸载

S100

如果执行机组加载操作, 则增加第一压级压缩机1和第二压级压缩机2至少其中之一频率。如果执行机组卸载操作, 则减少第一压级压缩机1和第二压级压缩机2至少其中之一频率。如果执行机组保持操作, 则第一压级压缩机1和第二压级压缩机2的频率均保持不变

S200

图 3

- S100 On the basis of a temperature difference between a water output temperature of a series heat pump unit and a set water temperature, determine that the series heat pump unit executes one of the following operations: unit keeping, unit loading, and unit unloading
- S200 If the series heat pump unit executes a unit loading operation, increase the frequency of at least one of a first pressure-level compressor 1 and a second pressure-level compressor 2; if the series heat pump unit executes a unit unloading operation, reduce the frequency of at least one of the first pressure-level compressor 1 and the second pressure-level compressor 2; and if the series heat pump unit executes a unit keeping operation, keep both the frequency of the first pressure-level compressor 1 and the frequency of the second pressure-level compressor 2 unchanged

(57) Abstract: A series heat pump unit control method and system, and a readable storage medium, which relate to the field of heat pumps, and are used to rationally allocate the loads of series compressors. The series heat pump unit control method comprises the following steps: on the basis of a temperature difference between a water output temperature of a series heat pump unit and a set water temperature, determining that the series heat pump unit executes one of the following operations: unit keeping, unit loading, and unit unloading, wherein the series heat pump unit comprises a first pressure-level compressor (1) and a second pressure-level compressor (2), which are connected in series, and the pressure level of the second pressure-level compressor (2) is higher than the pressure level of the first pressure-level compressor (1); if the series heat pump unit executes unit loading, increasing the frequency of at least one of the first pressure-level compressor (1) and the second pressure-level compressor (2); if the series heat pump unit executes unit unloading,

[见续页]

IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, 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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

reducing the frequency of at least one of the first pressure-level compressor (1) and the second pressure-level compressor (2); and if the series heat pump unit executes unit keeping, keeping both the frequency of the first pressure-level compressor (1) and the frequency of the second pressure-level compressor (2) unchanged.

(57) 摘要: 一种串联热泵机组控制方法、系统以及可读存储介质, 涉及热泵领域, 用以合理分配串联压缩机的负荷。串联热泵机组控制方法, 包括以下步骤: 根据串联热泵机组的出水温度与设定水温的温度差值判断所述串联热泵机组执行以下一种: 机组保持、机组加载、机组卸载; 串联热泵机组包括串联的第一压级压缩机(1)和第二压级压缩机(2), 第二压级压缩机(2)的压级高于第一压级压缩机(1)的压级; 如机组加载, 则增加第一压级压缩机(1)和第二压级压缩机(2)中至少其中之一的频率; 如机组卸载, 则减少第一压级压缩机(1)和第二压级压缩机(2)中至少其中之一的频率; 如保持, 则第一压级压缩机(1)和第二压级压缩机(2)的频率均保持不变。

串联热泵机组控制方法、系统以及可读存储介质

相关申请的交叉引用

本公开是以 CN 申请号为 202311727335.9，申请日为 2023 年 12 月 15 日的申请为
5 基础，并主张其优先权，该 CN 申请的公开内容在此作为整体引入本公开中。

技术领域

本公开涉及热泵领域，具体涉及一种串联热泵机组控制方法、系统以及可读存储
介质。

10

背景技术

热泵是一种在电能或热能等驱动下，将低品位热源的热能转移到高品位热源的节
能装置。其中，工业热泵作为一种主动热回收装置，可将工业工程中的废热温度提升
为更高的温度，以用于同一过程或其他相邻过程的热需求。针对热源温度与需求温度
15 相差较大的场合，业内采用多级压缩式热泵，可以大大提高温升。多级压缩式热泵是
指采用压缩机串联的形式，以输出更高的温度。

离心压缩机结构简单，运动零件少且制造精度要求低，具有制造成本低与可靠性
高的优点。虽然离心压缩机在部分负荷下具有喘振风险，但在工作压力变化范围小、
制热量较大的场合（如大温升超高温热泵），具有良好的系统总效率。

20

发明内容

发明人发现，相关技术中至少存在下述不足：业内亟需解决双压缩机串联运行时的
负荷分配问题。

本公开提出一种串联热泵机组控制方法、系统以及可读存储介质，用以合理分配
25 串联压缩机中各个压缩机的负荷。

本公开一些实施例提供了一种串联热泵机组控制方法，包括以下步骤：

根据串联热泵机组的出水温度与设定水温的温度差值判断所述串联热泵机组执行
以下其中一种操作：机组保持、机组加载、机组卸载；所述串联热泵机组包括串联的
第一压级压缩机和第二压级压缩机，所述第二压级压缩机的压级高于所述第一压级压
30 缩机的压级；

如果需要执行机组加载操作，则增加所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机中至少其中之一的频率；如果需要执行机组卸载操作，则减少所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机中至少其中之一的频率；如果需要执行机组保持操作，则所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率均保持不变。

5 在一些实施例中，在执行机组加载操作过程中，所述串联热泵机组控制方法执行以下步骤：

同时增加所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率；

判断所述第二压级压缩机的设定参数和所述第一压级压缩机的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ；

10 如果所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第二压级压缩机的设定参数和所述第一压级压缩机的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载；如果所述第一差值小于设定上限阈值 X_{max} ，则返回执行所述同时增加所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率的步骤。

15 在一些实施例中，在执行机组加载操作过程中，在所述如果所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第二压级压缩机的设定参数和所述第一压级压缩机的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载的步骤之后，所述串联热泵机组控制方法还包括以下步骤：

判断所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的设定参数的第一差值是否小于设定下限阈值 X_{min} ；

20 如果所述第一差值小于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行所述同时增加所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率的步骤；如果所述第一差值大于或者等于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行所述保持所述第二压级压缩机的设定参数和所述第一压级压缩机的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载的步骤。

25 在一些实施例中，在执行机组卸载操作过程中，所述串联热泵机组控制方法执行以下步骤：

同时卸载所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率；

判断所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ；

30 如果所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第一压级压缩机

和所述第二压级压缩机中设定参数较小者的对应的压缩机的频率，对另一设定参数所对应的压缩机卸载；如果所述第一差值小于设定上限阈值 X_{max} ，则返回执行同时卸载所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率的步骤。

5 在一些实施例中，在执行机组卸载操作的过程中，在所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机中设定参数较小者的对应的压缩机的频率，对另一设定参数所对应的压缩机卸载的步骤之后，所述串联热泵机组控制方法还包括以下步骤：

判断卸载后的所述第二压级压缩机和保持的所述第一压级压缩机的设定参数的第一差值是否小于设定下限阈值 X_{min} ；

10 如果第一差值小于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行同时卸载所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机的频率的步骤；如果第一差值大于或者等于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行所述保持所述第一压级压缩机和所述第二压级压缩机中设定参数较小者的对应的压缩机的频率，对另一设定参数所对应的压缩机卸载的步骤。

15 在一些实施例中，所述串联热泵机组采用等压比控制，则所述第一差值为所述第二压级压缩机的压比的平方与所述第一压级压缩机的压比的差值的绝对值。

在一些实施例中，所述串联热泵机组采用等压比控制，所述设定上限阈值 X_{max} 为压比设定上限阈值 P_{max} 。

在一些实施例中，所述串联热泵机组采用等压比控制，所述设定下限阈值 X_{min} 为压比设定下限阈值 P_{min} 。

20 在一些实施例中，所述串联热泵机组采用等电流百分比控制，则所述第一差值为所述第二压级压缩机的电流百分比与所述第一压级压缩机的电流百分比的差值的绝对值。

在一些实施例中，所述串联热泵机组采用等电流百分比控制，所述设定上限阈值 X_{max} 为电流百分比设定上限阈值 I_{max} 。

25 在一些实施例中，所述串联热泵机组采用等电流百分比控制，所述设定下限阈值 X_{min} 为电流百分比设定下限阈值 I_{min} 。

在一些实施例中，所述温度差值为 $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

在一些实施例中，所述第二压级压缩机的运行参数满足防喘线的要求。

本公开实施例还提供一种串联热泵机组控制系统，包括：

30 存储器；和

耦接至所述存储器的处理器，所述处理器被配置为基于存储在所述存储器中的指令，执行如本公开任一技术方案所提供的串联热泵机组控制方法。

本公开实施例又提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该程序被处理器执行时实现如本公开任一技术方案所提供的串联热泵机组控制方法。

5 上述技术方案提供的串联热泵机组控制方法，包括第二压级压缩机和第一压级压缩机，通过将第二压级压缩机和第一压级压缩机串联，实现多级压缩；在负荷分配时，按照两个压缩机叶轮的设计压比是否一致，确定进行等压比控制和等电流控制方式，如果两个压缩机叶轮的设计压比一致，则采用等压比控制，否则采用等电流控制方式，保证了双压缩机转速合理分配与防喘可靠运行。

10

附图说明

图 1 为本公开一些实施例提供的串联热泵机组三级压缩的结构示意图。

图 2 为本公开一些实施例提供的串联热泵机组四级压缩的结构示意图。

图 3 为本公开一些实施例提供的串联热泵机组控制方法流程示意图。

15 图 4 为本公开一些实施例提供的串联热泵机组控制方法采用等压比控制方式的逻辑示意图。

图 5 为本公开一些实施例提供的串联热泵机组控制方法采用等电流控制方式的逻辑示意图。

附图标记：

20 1、第一压级压缩机；2、第二压级压缩机；3、第一换热器；4、闪发器组件；5、第二换热器；6、第一补气支路；7、第二补气支路；8、第三补气支路；

41、第一节流元件；10、第二节流元件；11、第三节流元件；42、闪发器；43、第四节流元件；

101、第一叶轮；201、第二叶轮。

25

具体实施方式

下面结合图 1～图 5 对本公开提供的技术方案进行更为详细的阐述。对示例性实施例的描述仅仅是说明性的，决不作为对本公开及其应用或使用的任何限制。本公开可以以许多不同的形式实现，不限于这里介绍的实施例。提供这些实施例是为了使本公开透彻且完整，并且向本领域技术人员充分表达本公开的范围。应注意到：除非另

30

外具体说明，否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、材料的组分、数字表达式和数值应被解释为仅仅是示例性的，而不作为限制。

本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指在
5 该词前的要素涵盖在该词后列举的要素，并不排除也涵盖其他要素的可能。

在本公开中，当描述到特定器件位于第一器件和第二器件之间时，在该特定器件与第一器件或第二器件之间可以存在居间器件，也可以不存在居间器件。当描述到特定器件连接其它器件时，该特定器件可以与其它器件直接连接而不具有居间器件，也可以不与其它器件直接连接而具有居间器件。

10 本公开使用的所有术语（包括技术术语或者科学术语）与本公开所属领域的普通技术人员理解的含义相同，除非另外特别定义。还应当理解，在诸如通用字典中定义的术语应当被解释为具有与它们在相关技术的上下文中的含义相一致的含义，而不应应用理想化或极度形式化的意义来解释，除非这里明确地这样定义。

对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论，但在适
15 当情况下，技术、方法和设备应当被视为说明书的一部分。

附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。在各附图中对共同的结构要素或者同种类的结构要素附加相同的附图标记，并适当省略对它们的重复说明。

本公开一些实施例提供一种串联热泵机组控制方法，在介绍串联热泵机组控制方
20 法之前，先介绍串联热泵机组的具体实现方式。

串联热泵机组可以利用低品位热源，满足建筑供暖、生活热水等生产过程的热量供应需求。参见图 1，串联热泵机组包括第一压级压缩机 1、第二压级压缩机 2、第一换热器 3、闪发器组件 4 以及第二换热器 5。第二压级压缩机 2、第一换热器 3、第二换热器 5、第一压级压缩机 1 组成冷媒循环回路。闪发器组件 4 用于给第一压级压缩
25 机 1、第二压级压缩机 2 中的至少一个补气。

第二压级压缩机 2 的压级高于第一压级压缩机 1，第二压级压缩机 2 的压比根据
需要来选定。第一压级压缩机 1 的压比也根据需要来选定。在一些实施例中，第一压级压缩机 1 包括至少两个同轴安装的第一叶轮 101。两个第一叶轮 101 安装于同一根驱动轴，并且两个第一叶轮 101 转动中心线重合。闪发器组件 4 与第一压级压缩机 1
30 的连通位置（即补气位置 A）位于两个第一叶轮 101 之间。

在另一些实施例中，第一压级压缩机 1 也可以包括三个甚至更多数量的第一叶轮 101，所有的第一叶轮 101 可以由同一根驱动轴驱动，并且所有第一叶轮 101 的转动中心线都重合。第一压级压缩机 1 采用离心压缩机，结构紧凑，体积小，流量大，功率大且有利于节能，能实现能源的高效利用。

5 各个第一叶轮 101 并排布置，在每两个相邻的第一叶轮 101 之间都可以通过闪发器组件 4 进行补气。闪发器组件 4 给第一压级压缩机 1 补气的支路数量与第一叶轮 101 的数量相关，且第一叶轮 101 的数量越多，闪发器组件 4 给第一压级压缩机 1 补气的支路数量也可以越多。具体地，闪发器组件 4 给第一压级压缩机 1 补气的支路数量可以比第一叶轮 101 的数量少 1，以实现每两个相邻的第一叶轮 101 之间都有一个补气
10 位置。上述技术方案，通过合理设置补气位置，提升了串联热泵机组的能效。

继续参见图 1，闪发器组件 4 和第一压级压缩机 1 之间设置有第一补气支路 6。第一补气支路 6 与第一压级压缩机 1 的连通位置位于其中两个第一叶轮 101 之间。

第一压级压缩机 1 位于第二压级压缩机 2 的上游，且位于第二换热器 5 的下游。第二换热器 5 输出的冷媒流入到第一压级压缩机 1 内部进行压缩，然后从第一压级压缩机 1 流出；而后流入到第二压级压缩机 2 内继续压缩。第二压级压缩机 2 压缩后的冷媒进入到第一换热器 3 内进行换热。然后经过闪发器组件 4 后至少部分流体进入到第二换热器 5 内部进行换热。如果闪发器组件 4 需要给第二压级压缩机 2、第一压级压缩机 1 中的至少一个补气，则有部分冷媒会被补充到相应的压缩机中，剩余的冷媒流入第二换热器 5 内部。如果闪发器组件 4 不需要给第二压级压缩机 2、第一压级压缩机 1 中的至少一个补气，则冷媒全部直接流入第二换热器 5 内部。
15
20

上述技术方案提供的串联热泵机组，采用三级压缩，中间双补气，补气方式均为从闪发器组件 4 补气，结构紧凑合理，空间利用率高。

对于大容量的串联热泵机组而言，其制热量可以达到 10MW 以上。如果要满足该制热量，需要大大增加电机驱动功率。如果不采用本公开的技术方案，而是采用单压缩机驱动的方式，会增大电机体积，并且会降低电机转速，不利于串联热泵机组效率提升。采用本公开实施例提供的双压缩机的结构形式，可以将电机功率分摊到两个压缩机上，这样可以降低单个电极的功率降低，提高电机转速，有利于提供串联热泵机组的能效。
25

继续参见图 1，第二压级压缩机 2 位于第一压级压缩机 1 的下游且两者连通。第二压级压缩机 2 接收第一压级压缩机 1 传输过来的冷媒，并进行压缩。第二压级压缩
30

机 2 包括至少一个第二叶轮 201, 第二补气支路 7 与第一压级压缩机 1 的连通位置 (即补气位置 B) 位于最上游的第二叶轮 201 的上游。第二压级压缩机 2 采用离心压缩机, 结构紧凑, 体积小, 流量大, 功率大且有利于节能, 能实现能源的高效利用。

第一换热器 3 安装于第二压级压缩机 2 的下游且两者连通。第一换热器 3 具体比如为冷凝器。冷凝器位于第二压级压缩机 2 的下游, 以利用第二压级压缩机 2 输出的高温冷媒进行换热。第一换热器 3 具体可以采用管壳式换热器等结构紧凑、换热效率高的换热器。

闪发器组件 4 包括第一节流元件 41 以及至少两个串联的闪发器 42, 串联的两个闪发器 42 之间安装有第一节流元件 41, 闪发器组件 4 中间采用一个第一节流元件 41 形成两个独立的闪发压力空间。闪发器 42 位于第一换热器 3 的下游且两者连通。在一些实施例中, 以闪发器组件 4 包括两个独立的闪发器 42 为例。其中一个闪发器 42 与第二压级压缩机 2 通过第二补气支路 7 连通, 另一个闪发器 42 与第一压级压缩机 1 通过第一补气支路 6 连通。第一补气支路 6 和第二补气支路 7 至少其中之一被构造为在导通状态、断开状态之间切换。第一补气支路 6 和第二补气支路 7 是相对独立的, 即其中一个补气支路导通或者断开, 并不影响另一个补气支路的通断状态。

继续参见图 1, 第二换热器 5 位于闪发器组件 4 的下游; 第二换热器 5 与第一压级压缩机 1 连通。第二换热器 5 具体可以采用管壳式换热器等结构紧凑、换热效率高的换热器。

参见图 1, 在一些实施例中, 串联热泵机组还包括第二节流元件 10, 第二节流元件 10 安装于第一换热器 3 和闪发器组件 4 之间。第二节流元件 10 对第一换热器 3 输出的冷媒起到节流作用, 节流后的冷媒进入到闪发器组件 4 内。当第二节流元件 10 的开度调节到最大, 第二节流元件 10 不再起到节流作用, 而是起到导通冷媒支路的作用。

继续参见图 1, 串联热泵机组还包括第三节流元件 11, 第三节流元件 11 安装于闪发器组件 4 和第二换热器 5 之间。第三节流元件 11 对闪发器组件 4 输出的冷媒起到节流作用, 节流后的冷媒进入到第二换热器 5 内。当第三节流元件 11 的开度调节到最大, 第三节流元件 11 不再起到节流作用, 而是起到导通冷媒支路的作用。

参见图 1, 在制冷循环时, 冷媒按照以下路径流动: 第二换热器 5、第一压缩机 1、第二压缩机 2、第一换热器 3、第二节流元件 10、闪发器组件 4、第一节流元件 41、第三节流元件 11。第二节流元件 10 节流后的闪发气体补气至第二压级压缩机 2 的吸气

口（B 口），第一节流元件 41 节流后的闪发气体补气至第一压级压缩机 1 第一级压缩的排气口（A 口）。

参见图 2，图 2 示意了四级压缩。与上述一些实施例不同的是，在图 2 所示意的一些实施例中，第二压级压缩机 2 采用了两个第二叶轮 201。第二压级压缩机 2 的补气位置有更多的选择，补气位置可位于最上游的第二叶轮 201 之前，也可位于两个第二叶轮 201 之间。闪发器组件 4 包括第一节流元件 41 以及三个串联的闪发器 42。整个串联热泵机组为四级压缩，采用中间三补气，除了上文介绍的第二补气支路 7、第一补气支路 6，串联热泵机组还设置有第三补气支路 8，均从闪发器组件 4 补气。

四级压缩时，闪发器组件 4 内部设两个隔板，形成三个独立的闪发压力空间，制冷循环过程为：第二换热器 5、第一压级压缩机 1、第二压级压缩机 2、第一换热器 3、第二节流元件 10、闪发器组件 4、第一节流元件 41、第四节流元件 43、第三节流元件 11。各个节流元件可为固定孔板、电动蝶阀等。上述方案，采用一个闪发器组件即可实现多级补气，节省空间性价比高。

第二节流元件 10 后的闪发气体补气至三级压缩排气口，即补气至第二压级压缩机 2 的一级叶轮的排气口（C 口），第四节流元件 43 节流后的闪发气体补气至第一压级压缩机 1 的第一级压缩的排气口（A 口）。第一节流元件 41 后的闪发气体补气至第二压级压缩机 2 的吸气口（B 口）。

在上述的各个实施例中，串联热泵机组设计制造完成之后，第二压级压缩机 2、第一压级压缩机 1 的压比就确定了。如果设计参数为第二压级压缩机 2、第一压级压缩机 1 的压比相同，则串联热泵机组采用等压比控制方式来控制双压缩机负荷。如果设计参数为第二压级压缩机 2、第一压级压缩机 1 的压比不相同，则串联热泵机组采用等电流百分比控制方式来控制双压缩机负荷。

此处以三级压缩举例说明，第一压级压缩机 1 采用双级压缩，第二压级压缩机 2 采用单级压缩。串联热泵机组以采用等压比控制方式为例进行描述。第一压级压缩机 1 的压比为 P_d ，高压级压缩机的压比为 P_g ，设定上限阈值 X_{max} 为压比设定上限阈值为 P_{max} ，设定下限阈值 X_{min} 为压比设定下限阈值为 P_{min} 。第一差值为第二压级压缩机 2 的压比的平方与第一压级压缩机 1 的压比的差值的绝对值。

参见图 3 和图 4，下面介绍串联热泵机组控制方法的具体实现方式。

串联热泵机组控制方法包括以下步骤：

步骤 S100，根据串联热泵机组的出水温度与设定水温的温度差值判断串联热泵机

组执行以下其中一种操作：机组保持、机组加载、机组卸载。串联热泵机组包括串联的第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2，第二压级压缩机 2 的压级高于第一压级压缩机 1 的压级。

参见图 1，在一些实施例中，温度差值为 $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。本文以 0.2°C 为例。

5 串联热泵机组的控制目标为热泵出水温度。通过计算串联热泵机组实际出水温度与设定温度的差值，可以确定对串联热泵机组采取何种操作。 $\Delta T = \text{设定温度} - \text{实际出水温度}$ 。 ΔT 大于 0，说明设定温度高于实际出水温度； ΔT 小于 0，说明设定温度低于实际出水温度。

10 当 $-0.2^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 0.2^{\circ}\text{C}$ 时，说明串联热泵机组的工作参数满足设定要求，此时第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均保持当前的频率。

如果 $\Delta T > +0.2^{\circ}\text{C}$ ，说明设定温度高于实际出水温度且实际出水温度和设定水温的差值比较大，串联热泵机组的执行能力需要增大，压缩机的频率需要增加，即进行加载操作。

15 如果 $\Delta T < -0.2^{\circ}\text{C}$ ，说明实际出水温度高于设定温度且实际出水温度和设定水温的差值比较大，机组卸载，压缩机频率卸载。执行能力是指压缩机的运行频率。如果压缩机保持当前的执行能力，则是指压缩机保持当前的运行频率。如果加载，则增加压缩机的运行频率。如果卸载，则减小压缩机的运行频率。

20 步骤 S200，如果需要机组加载，则增加第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的频率。如果需要机组卸载，则减少第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的频率。如果需要保持，则第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的频率均保持不变。

在上述的步骤 S200 中，根据水温需求，执行能力加载时，同时加载两个压缩机频率，同时判定第二压级压缩机 2 压比的平方 P_g^2 与第一压级压缩机 1 的压比 P_d 差值，该差值的绝对值为等压比模式下的第一差值。当 $|P_g^2 - P_d| \geq P_{max}$ 时， P_g^2 和 P_d 中数值较大的对应的压缩机被保持执行能力，数值较小者对应的压缩机则被加载。

25 参见图 3 和图 4，具体来说，在机组加载过程中，即图 4 中左侧支路对应的内容，串联热泵机组控制方法具体包括以下步骤：同时增加第二压级压缩机 2 的设定参数和第一压级压缩机 1 的频率。然后，判断第二压级压缩机 2 的设定参数和第一压级压缩机 1 的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 P_{max} 。

30 如果第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 P_{max} ，则保持第二压级压缩机 2 的设定参数和第一压级压缩机 1 的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并

对另一设定参数所对应的压缩机加载。如果第一差值小于设定上限阈值 P_{max} ，则返回执行对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均被加载的操作，使得第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均被增加频率。

具体来说，如果第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 P_{max} ，并且 P_g^2 5 大于 P_d ，则保持第二压级压缩机 2 的执行能力，单独对第一压级压缩机 1 进行加载。如果 P_d 大于 P_g^2 ，则保持第一压级压缩机 1 的执行能力，单独对第二压级压缩机 2 进行加载。如果第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 小于设定上限阈值 P_{max} ，则返回执行同时对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 进行加载的步骤。

在上述机组加载调节过程中，第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 是实时变化的。在机组加载过 10 程中，当进入一个压缩机加载、另一个压缩机保持的特殊控制时，当需要加载的那个压缩机加载至 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ 时，再恢复同步加载的正常控制模式，即当 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ ，则恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 都加载的模式。

参见图 3 和图 4，如上文所述的，在机组加载过程中，当进入一个压缩机加载、另一个压缩机保持的特殊控制时，需要判断第二压级压缩机 2 和加载后的第一压级压缩机 1 15 的设定参数的第一差值是否小于设定下限阈值 X_{min} 。具体来说，如果第一差值小于设定下限阈值 P_{min} ，则返回执行对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载的操作。如果第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 大于或者等于设定下限阈值 P_{min} ，则返回执行保持第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 中设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载的操作。展开来说，如果 $|P_g^2 - P_d| \geq P_{min}$ ， 20 且 $P_g^2 > P_d$ ，则对 P_g^2 所对应的第二压级压缩机 2 保持执行能力，对 P_d 所对应的第一压级压缩机 1 加载，直至 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ ，恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载。如果 $|P_g^2 - P_d| \geq P_{min}$ ，且 $P_g^2 < P_d$ ，则对 P_g^2 所对应的第二压级压缩机 2 加载，对 P_d 所对应的第一压级压缩机 1 保持，直至 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ ，恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载。

25 参见图 3 和图 4，在一些实施例中，如果串联热泵机组为机组保持状态，则对应图 4 中间支路对应的内容，则第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均保持当前的频率，无需调整。

参见图 3 和图 4，具体是指图 4 右侧支路对应的内容，在机组卸载过程中，串联热泵机组控制方法具体包括以下步骤：同时卸载第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 30 2 的频率；随后判断第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的设定参数的第一差值是

否大于或者等于设定上限阈值 P_{max} 。

如果第一差值大于或者等于设定上限阈值 P_{max} ，则保持第一压级压缩机 1 和第二压缩机 2 中较小者对应的状态，对较大者单独卸载；如果第一差值小于设定上限阈值 P_{max} ，则返回执行对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载的步骤。具体来说，

- 5 如果第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 P_{max} ，并且 P_g^2 大于 P_d ，则单独对第二压级压缩机 2 卸载，保持第一压级压缩机 1 的执行能力。如果 P_d 大于 P_g^2 ，则单独对第一压级压缩机 1 进行卸载，保持第二压级压缩机 2 的执行能力不变。如果第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 小于设定上限阈值 P_{max} ，则返回执行同时对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 卸载的步骤。

- 10 在上述机组卸载调节过程中，当进入保持第一压级压缩机 1 和第二压缩机 2 中较小者对应的状态，对较大者单独卸载的过程时，第一差值 $|P_g^2 - P_d|$ 是实时变化的。当 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ ，则返回执行对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 都进行卸载的步骤；否则，返回执行对第一压级压缩机 1 和第二压缩机 2 中较小者保持，对较大者单独卸载的步骤。

- 15 具体来说，如果 $|P_g^2 - P_d| \geq P_{min}$ ，且 $P_g^2 > P_d$ ，则单独对 P_g^2 所对应的第二压级压缩机 2 进行卸载，对 P_d 所对应的第一压级压缩机 1 保持当前的执行能力，直至 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ ，恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载的操作。如果 $|P_g^2 - P_d| \geq P_{min}$ ，且 $P_g^2 < P_d$ ，则对 P_g^2 所对应的第二压级压缩机 2 保持当前的执行能力，单独对 P_d 所对应的第一压级压缩机 1 卸载，直至 $|P_g^2 - P_d| < P_{min}$ ，
- 20 恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载的步骤。

上述技术方案提供的串联热泵机组控制方法，采用等压比的控制方式，使得转速合理分配，减少了压缩机磨轴现象，避免了压缩机功率过高或者过低，使得串联热泵机组可靠运行；避免了第一压级压缩机 1 转速过高，第二压级压缩机 2 转速过低时不能消耗第一压级压缩机 1 排出的冷媒，造成整机功率过大，能力、能效却较低的现象。

- 25 参见图 5，下面介绍采用等电流控制方式的内容。

参见图 5，在一些实施例，如果串联热泵机组设计的参数是第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的压比不相同，则串联热泵机组采用等电流百分比控制。此模式下，第一差值为第二压级压缩机 2 的电流百分比与第一压级压缩机 1 的电流百分比的差值的绝对值。设定上限阈值 X_{max} 为电流百分比设定上限阈值 I_{max} 。设定下限阈值 X_{min}

30 为电流百分比设定下限阈值 I_{min} 。电流百分比为压缩机当前实际运行电流与满负荷额

定电流的比值。第一压级压缩机 1 电流百分比为 I_d ,高压级压缩机电流百分比为 I_g 。将机组满负荷运行时对应的实际电流设值为压缩机额定电流, 电流百分比最大差值为 I_{max} ,电流百分比最小差值为 I_{min} 。

串联热泵机组控制方法包括以下步骤:

- 5 首先, 根据串联热泵机组的出水温度与设定水温的温度差值判断串联热泵机组执行哪种操作: 机组保持、机组加载还是机组卸载。串联热泵机组包括串联的第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2, 第二压级压缩机 2 的压级高于第一压级压缩机 1 的压级。

10 串联热泵机组的控制目标为热泵出水温度。通过计算串联热泵机组实际出水温度与设定温度的差值, $\Delta T = \text{设定温度} - \text{实际出水温度}$ 。后文仍以 0.2°C 为例。控制逻辑与上文描述的温度内容相同: 当 $-0.2^\circ\text{C} \leq \Delta T \leq 0.2^\circ\text{C}$ 时, 此时第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均保持当前的频率。如果 $\Delta T > +0.2^\circ\text{C}$, 进行机组加载操作。如果 $\Delta T < -0.2^\circ\text{C}$, 进行机组卸载操作。

15 其次, 如果需要机组加载, 则增加第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 至少其中之一频率。如果需要机组卸载, 则减少第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 至少其中之一频率。如果保持, 则第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的频率均保持不变。

20 根据水温需求, 执行机组加载时, 同时加载两个压缩机频率, 然后判定第二压级压缩机 2 电流百分比 I_g 与第一压级压缩机 1 的电流百分比 I_d 差值。当 $|I_g - I_d| \geq I_{max}$ 时, I_g 和 I_d 中数值较大的对应的压缩机被保持执行能力, 数值较小的对应的压缩机则被加载。

参见图 5, 具体来说, 在机组加载过程中, 即图 5 中左侧支路对应的内容, 串联热泵机组控制方法还包括以下步骤: 判断第二压级压缩机 2 的设定参数和第一压级压缩机 1 的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 I_{max} 。

- 25 如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 I_{max} , 则保持第二压级压缩机 2 的设定参数和第一压级压缩机 1 的设定参数中较大者对应的压缩机的频率, 并对另一设定参数所对应的压缩机加载。如果第一差值小于设定上限阈值 I_{max} , 则返回执行第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载的步骤。

30 具体来说, 等电流控制模式下, 机组加载控制中, 如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 I_{max} , 并且 I_g 大于 I_d , 则保持第二压级压缩机 2 的执行能力,

单独对第一压级压缩机 1 进行加载。如果 I_d 大于 I_g ，则保持第一压级压缩机 1 的执行能力，单独对第二压级压缩机 2 进行加载。如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 小于设定上限阈值 I_{max} ，则返回执行同时对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 加载的步骤。

参见图 5，在机组加载过程中，在进入保持第二压级压缩机 2 的设定参数和第一压级压缩机 1 的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载的步骤之后，串联热泵机组控制方法还包括以下步骤：判断第二压级压缩机 2 和第一压级压缩机 1 的设定参数的第一差值是否小于设定下限阈值 I_{min} 。

如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 小于设定下限阈值 I_{min} ，则返回对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载的步骤。如果第一差值大于或者等于设定下限阈值 I_{min} ，则返回执行保持第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 中设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载的步骤。

具体来说，如果 $|I_g - I_d| \geq I_{min}$ ，且 $I_g > I_d$ ，则对 I_g 所对应的第二压级压缩机 2 保持执行能力，单独对 I_d 所对应的第一压级压缩机 1 加载，直至 $|I_g - I_d| < I_{min}$ ，返回对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载的步骤。如果 $|I_g - I_d| \geq I_{min}$ ，且 $I_g < I_d$ ，则单独对 I_g 所对应的第二压级压缩机 2 加载，对 I_d 所对应的第一压级压缩机 1 保持当前的执行能力，直至 $|I_g - I_d| < I_{min}$ ，返回至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均加载的步骤。

参见图 5，如果串联热泵机组保持当前的运行参数，即图 5 中间支路对应的内容，则第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均保持当前的频率，无需调整。

参见图 5 右侧支路对应的内容，在机组卸载过程中，串联热泵机组控制方法具体包括以下步骤：同时卸载第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的频率；判断第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 I_{max} 。

如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 I_{max} ，则保持第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的设定参数较小者对应的压缩机的频率，而对另一压缩机单独卸载；如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 小于设定上限阈值 I_{max} ，则返回执行对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载的步骤。具体来说，如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 大于或者等于设定上限阈值 I_{max} ，并且 I_g 大于 I_d ，则单独对 I_g 所对应的第二压级压缩机 2 卸载，保持 I_d 所对应的第一压级压缩机 1 的执行能力。如果 I_d 大于 I_g ，则单独对第一压级压缩机 1 进行卸载，保持第二压级压缩机 2 的执行能力不变。如果第一差值 $|I_g -$

I_d 小于设定上限阈值 I_{max} ，则返回同时对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 卸载的步骤。

继续参见图 5，等电流模式下，在机组卸载过程中，在保持第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的设定参数较小者对应的压缩机的频率，而对另一压缩机单独卸载的步骤之后，串联热泵机组控制方法还包括以下步骤：判断卸载后的第二压级压缩机 2 和保持的第一压级压缩机 1 的设定参数的第一差值 $|I_g - I_d|$ 是否小于设定下限阈值 I_{min} ；如果第一差值小于设定下限阈值 I_{min} ，则返回至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载的步骤；如果第一差值 $|I_g - I_d|$ 大于或者等于设定下限阈值 I_{min} ，则返回至保持第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 的设定参数较小者对应的压缩机的频率，而对另一压缩机单独卸载的步骤。具体来说，如果 $|I_g - I_d| \geq I_{min}$ ，且 $I_g > I_d$ ，则对 I_g 所对应的第二压级压缩机 2 进行卸载，对 I_d 所对应的第一压级压缩机 1 保持当前的执行能力，直至 $|I_g - I_d| < I_{min}$ ，恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载。如果 $|I_g - I_d| \geq I_{min}$ ，且 $I_g < I_d$ ，则对 I_g 所对应的第二压级压缩机 2 保持当前的执行能力，对 I_d 所对应的第一压级压缩机 1 卸载，直至 $|I_g - I_d| < I_{min}$ ，恢复至对第一压级压缩机 1 和第二压级压缩机 2 均卸载。

上述技术方案提供的串联热泵机组控制方法，采用等电流百分比的控制方式，使得转速合理分配，避免了压缩机功率过高或者过低，使得串联热泵机组可靠运行。

上述技术方案提供的串联热泵机组，由于采用双压缩机等压比、等电流百分比的控制方式，双压缩机同时加载、卸载，只需为第二压级压缩机 2 设置防喘线，即保证第二压级压缩机 2 不喘振。在第二压级压缩机 2 不喘振的情况下，整个机组都不发生喘振。此时转回到负荷控制方式处，在等压比或等电流百分比控制模式下，当机组执行能力减小卸载频率时，两压缩机执行同步卸载或单独卸载的过程中，高压级卸载到最小频率+2Hz 以下时，两压缩机频率保持，此时机组已经卸载到极限最小负荷，无法再行卸载。如果实际负荷更小，机组最小负荷高于实际负荷，机组的水温便会高于设定温度，直到机组运行到待机温度正常待机即可，至此完成整个负荷与防喘控制，防喘控制方式简易且可靠性高。

本公开一些实施例还提供一种串联热泵机组控制系统，包括存储器以及耦接至存储器的处理器。处理器被配置为基于存储在存储器中的指令，执行如本公开任一技术方案所提供的串联热泵机组控制方法。

本公开另一些实施例还提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，

该程序被处理器执行时实现本公开任一技术方案所提供的串联热泵机组控制方法。

这里所描述的处理器可以包括通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其它可编程逻辑器件、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或其设计成执行本文所描述功能的任何组合来实现或执行。

- 5 通用处理器可以是微处理器，但在替换方案中，该处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以被实现为计算设备的组合，例如 DSP 与微处理器的组合、多个微处理器、与 DSP 核心协作的一个或多个微处理器、或任何其他此类配置。

- 10 存储介质可以是能被计算机访问的任何可用介质。作为示例而非限定，这样的计算机可读介质可包括 RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM 或其它光盘存储、磁盘存储或其它磁存储设备、或能被用来携带或存储指令或数据结构形式的合意程序代码且能被计算机访问的任何其它介质。任何连接也被正当地称为计算机可读介质。例如，如果软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线(DSL)、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术从 web 网站、服务器、或其它远程源传送而来，则
- 15 该同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术就被包括在介质的定义之中。如本文中所使用的盘(disk)和碟(disc)包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字多用碟(DVD)、软盘和蓝光碟，其中盘(disk)往往以磁的方式再现数据，而碟(disc)用激光以光学方式再现数据。上述的组合也应被包括在计算机可读介质的范围内。

- 20 本领域内的技术人员应当明白，本公开的方法实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本公开可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本公开可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用非瞬时性存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

- 25 本公开是参照根据本公开实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解为可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器

执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

5 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

10 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

15 在本公开的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本公开和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本公开保护范围的限制。

最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本公开的技术方案而非对其限制；尽管参照较佳实施例对本公开进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本公开的具体实施方式进行修改或者对部分技术特征进行等同替换；而不脱离本公开技术方案的精神，其均应涵盖在本公开请求保护的技术方案范围当中。

权 利 要 求

1. 一种串联热泵机组控制方法，包括以下步骤：

根据串联热泵机组的出水温度与设定水温的温度差值判断所述串联热泵机组执行以下其中一种操作：机组保持、机组加载、机组卸载；所述串联热泵机组包括串联的第一压级压缩机（1）和第二压级压缩机（2），所述第二压级压缩机（2）的压级高于所述第一压级压缩机（1）的压级；

如果需要执行机组加载的操作，则增加所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）中至少其中之一的频率；如果需要执行机组卸载的操作，则减少所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）中至少其中之一的频率；如果需要执行机组保持的操作，则所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率均保持不变。

2. 根据权利要求 1 所述的串联热泵机组控制方法，其中在执行机组加载操作的过程中，所述串联热泵机组控制方法执行以下步骤：

同时增加所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率；

判断所述第二压级压缩机（2）的设定参数和所述第一压级压缩机（1）的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ；

如果所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第二压级压缩机（2）的设定参数和所述第一压级压缩机（1）的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载；如果所述第一差值小于设定上限阈值 X_{max} ，则返回执行所述同时增加所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率的步骤。

3. 根据权利要求 2 所述的串联热泵机组控制方法，其中在执行机组加载操作的过程中，在所述如果所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第二压级压缩机（2）的设定参数和所述第一压级压缩机（1）的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机执行加载操作的步骤之后，所述串联热泵机组控制方法还包括以下步骤：

判断所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的设定参数的第一差值是否小于设定下限阈值 X_{min} ；

如果所述第一差值小于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行所述同时增加所述第一压

级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率的步骤；如果所述第一差值大于或者等于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行所述保持所述第二压级压缩机（2）的设定参数和所述第一压级压缩机（1）的设定参数中较大者对应的压缩机的频率，并对另一设定参数所对应的压缩机加载的步骤。

4. 根据权利要求1所述的串联热泵机组控制方法，其中在执行机组卸载操作的过程中，所述串联热泵机组控制方法执行以下步骤：

同时卸载所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率；

判断所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的设定参数的第一差值是否大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ；

如果所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）中设定参数较小者对应的压缩机的频率，对另一设定参数所对应的压缩机卸载；如果所述第一差值小于设定上限阈值 X_{max} ，则返回执行同时卸载所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率的步骤。

5. 根据权利要求4所述的串联热泵机组控制方法，其中在执行机组卸载操作的过程中，在所述第一差值大于或者等于设定上限阈值 X_{max} ，则保持所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）中设定参数较小者对应的压缩机的频率，对另一设定参数所对应的压缩机卸载的步骤之后，所述串联热泵机组控制方法还包括以下步骤：

判断卸载后的所述第二压级压缩机（2）和保持的所述第一压级压缩机（1）的设定参数的第一差值是否小于设定下限阈值 X_{min} ；

如果第一差值小于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行同时卸载所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）的频率的步骤；如果第一差值大于或者等于设定下限阈值 X_{min} ，则返回执行所述保持所述第一压级压缩机（1）和所述第二压级压缩机（2）中设定参数较小者对应的压缩机的频率，对另一设定参数所对应的压缩机卸载的步骤。

6. 根据权利要求1~5任一所述的串联热泵机组控制方法，其中所述串联热泵机组采用等压比控制，则所述第一差值为所述第二压级压缩机（2）的压比的平方与所述第一压级压缩机（1）的压比的差值的绝对值。

7. 根据权利要求2所述的串联热泵机组控制方法，其中所述串联热泵机组采用等压比控制，所述设定上限阈值 X_{max} 为压比设定上限阈值 P_{max} 。

8. 根据权利要求3所述的串联热泵机组控制方法，其中所述串联热泵机组采用等

压比控制，所述设定下限阈值 X_{min} 为压比设定下限阈值 P_{min} 。

9. 根据权利要求 1~5 任一所述的串联热泵机组控制方法，其中所述串联热泵机组采用等电流百分比控制，则所述第一差值为所述第二压级压缩机（2）的电流百分比与所述第一压级压缩机（1）的电流百分比的差值的绝对值。

10. 根据权利要求 2 或者 3 所述的串联热泵机组控制方法，其中所述串联热泵机组采用等电流百分比控制，所述设定上限阈值 X_{max} 为电流百分比设定上限阈值 I_{max} 。

11. 根据权利要求 3 所述的串联热泵机组控制方法，其中所述串联热泵机组采用等电流百分比控制，所述设定下限阈值 X_{min} 为电流百分比设定下限阈值 I_{min} 。

12. 根据权利要求 1~11 任一所述的串联热泵机组控制方法，其中所述温度差值为 $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

13. 根据权利要求 1~11 任一所述的串联热泵机组控制方法，其中所述第二压级压缩机（2）的运行参数满足防喘线的要求。

14. 一种串联热泵机组控制系统，包括：

存储器；和

耦接至所述存储器的处理器，所述处理器被配置为基于存储在所述存储器中的指令，执行如权利要求 1~13 任一所述的串联热泵机组控制方法。

15. 一种计算机可读存储介质，其中其上存储有计算机程序，该程序被处理器执行时实现如权利要求 1~13 任一所述的串联热泵机组控制方法。

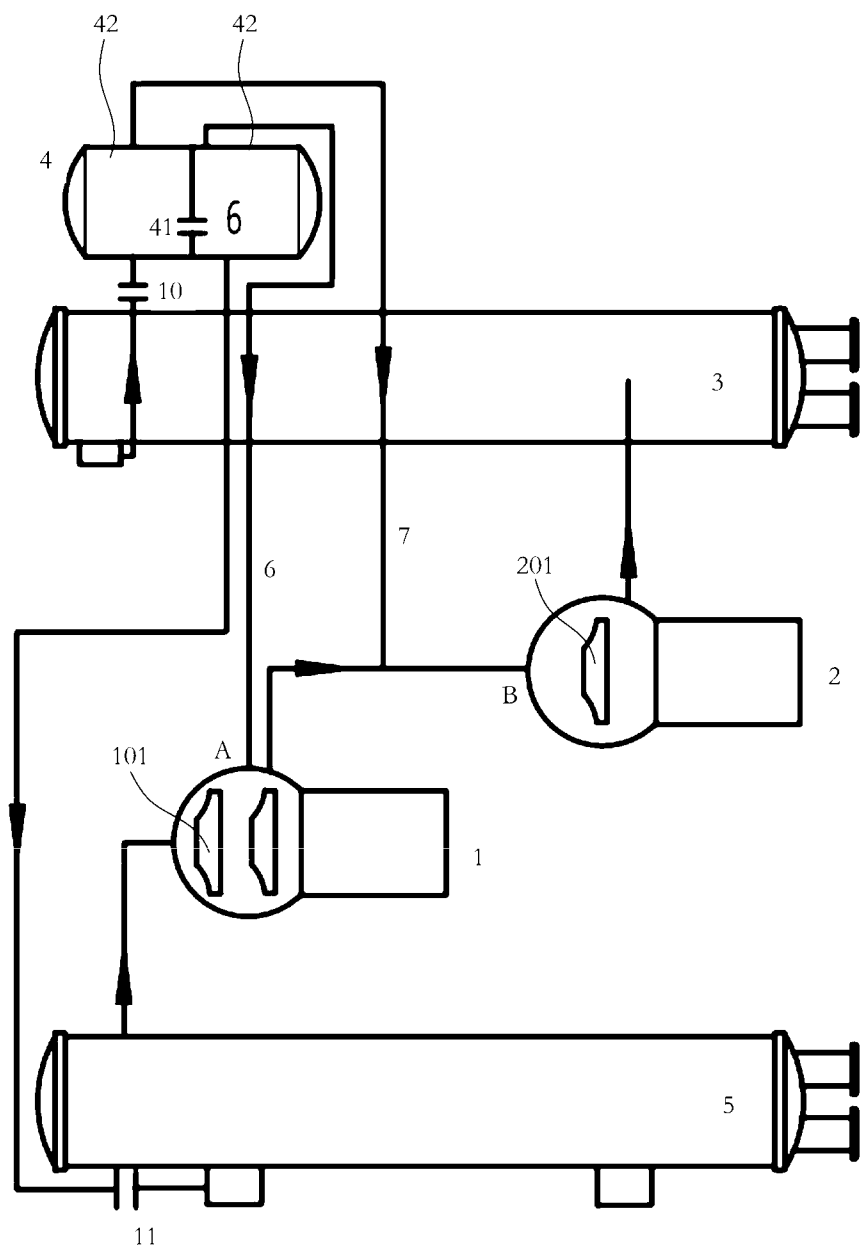


图 1

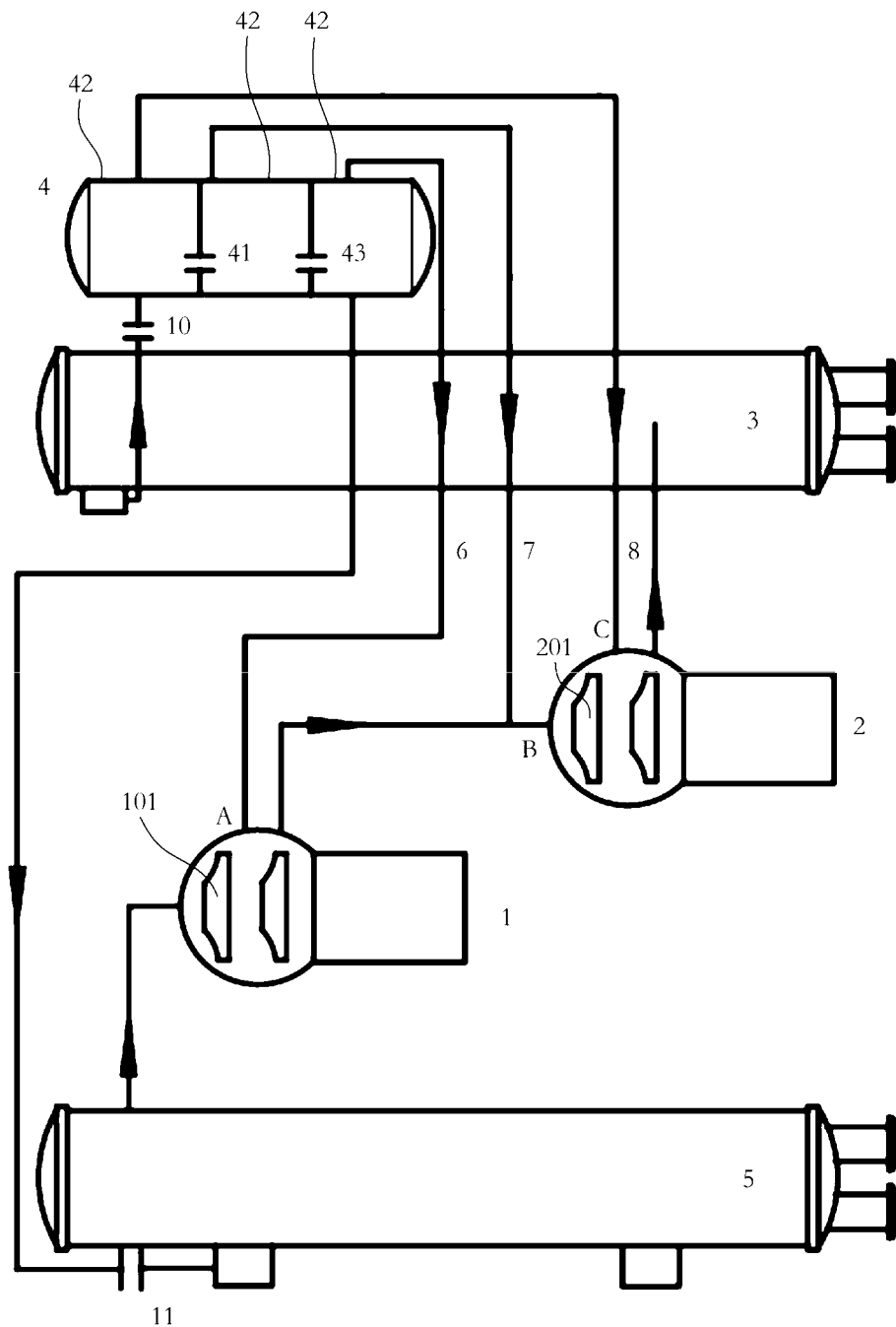


图 2

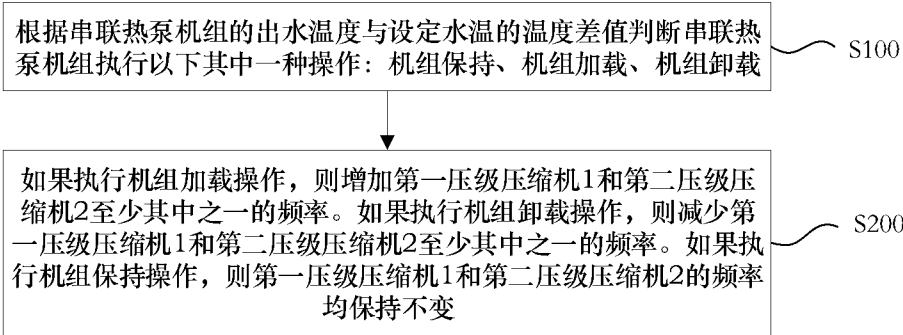


图 3

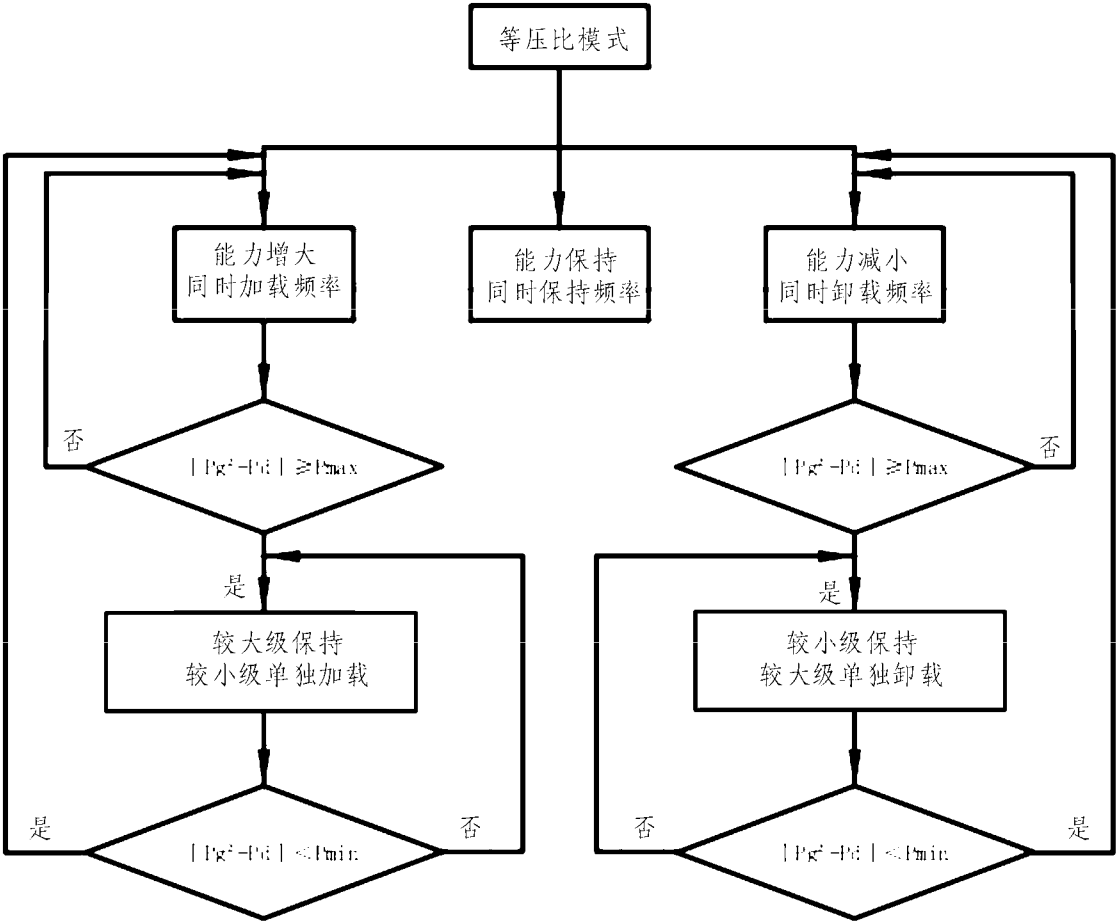


图 4

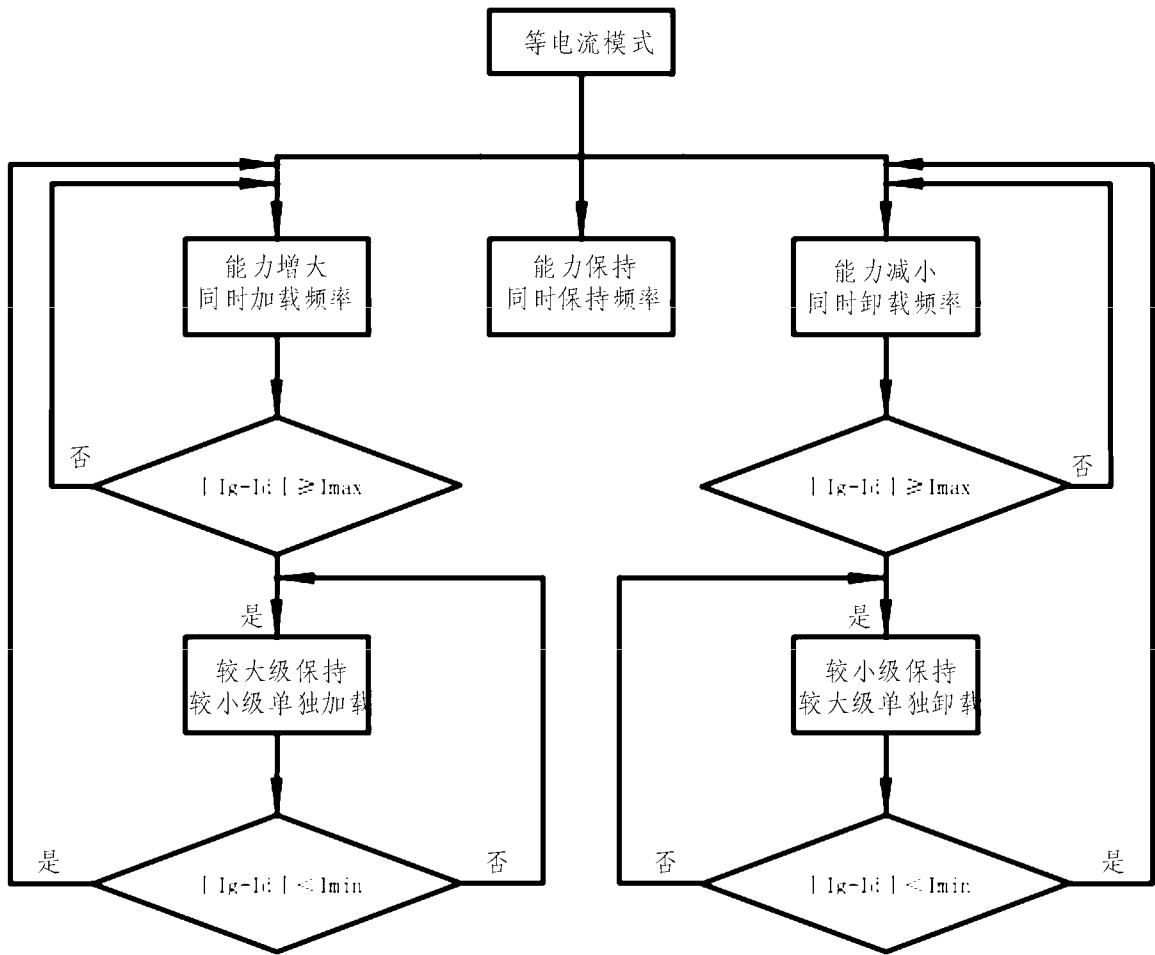


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/116193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B30/02(2006.01)i; F25B41/40(2021.01)i; F25B49/02(2006.01)i; F04D27/02(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)

IPC: F25B, F04D

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)

CNTEXT, ENTXTC, WPABSC, ENTXT, DWPL, 中国期刊全文数据库, China Journal Network Full-text Database: 热水, 压缩机, 串联, 两级, 双级, 多级, 第一压级, 第二压级, 高级, 低级, 高压级, 低压级, 双压缩, 负荷, 分配, 管理, 平衡, 频率, 转速, 转数, 升频, 降频, 加载, 负载, 卸载, 喘振, 防喘, 压比, 压力比, 电流, water, compressor, series, first, second, high+, low+, load+, unload+, frequency, rotat+, speed+, surge

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 117515958 A (ZHUHAI GREE ELECTRIC APPLIANCES INC.) 06 February 2024 (2024-02-06) description, paragraphs [0053]-[0114], and figures 1-5	1-15
Y	CN 115560493 A (ZHUHAI GREE ELECTRIC APPLIANCES INC.) 03 January 2023 (2023-01-03) description, paragraphs [0071]-[0074], and figures 1-3	1, 12-15
Y	CN 110793088 A (GUANGDONG PHNIX ECO-ENERGY SOLUTION LTD.) 14 February 2020 (2020-02-14) description, paragraphs [0045]-[0066]	1, 12-15
A	CN 101421519 A (INGERSOLL-RAND COMPANY) 29 April 2009 (2009-04-29) entire document	1-15
A	CN 102985768 A (DAIKIN INDUSTRIES LTD.) 20 March 2013 (2013-03-20) entire document	1-15



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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

13 November 2024

Date of mailing of the international search report

19 November 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105042968 A (GUANGZHOU DESIGN INSTITUTE) 11 November 2015 (2015-11-11) entire document	1-15
A	CN 107076158 A (LINDE INC.) 18 August 2017 (2017-08-18) entire document	1-15
A	CN 111102677 A (NINGBO AUX ELECTRIC CO., LTD. et al.) 05 May 2020 (2020-05-05) entire document	1-15
A	CN 116733769 A (XI'AN SHAANGU POWER CO., LTD.) 12 September 2023 (2023-09-12) entire document	1-15
A	EP 2894417 A1 (STIEBEL ELTRON GMBH & CO. KG) 15 July 2015 (2015-07-15) entire document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/116193

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	117515958	A	06 February 2024	None			
CN	115560493	A	03 January 2023	None			
CN	110793088	A	14 February 2020	EP	3845818	A1	07 July 2021
				EP	3845818	B1	09 March 2022
				WO	2021082202	A1	06 May 2021
CN	101421519	A	29 April 2009	WO	2007095537	A1	23 August 2007
				US	2016327049	A1	10 November 2016
				US	2007189905	A1	16 August 2007
				EP	1984628	A1	29 October 2008
				EP	1984628	B1	17 December 2014
CN	102985768	A	20 March 2013	EP	2594866	A1	22 May 2013
				EP	2594866	B1	04 September 2019
				ES	2758837	T3	06 May 2020
				WO	2012008479	A1	19 January 2012
				JP	2012021721	A	02 February 2012
				JP	4941581	B2	30 May 2012
				US	2013098102	A1	25 April 2013
				US	9360241	B2	07 June 2016
CN	105042968	A	11 November 2015	None			
CN	107076158	A	18 August 2017	DE	102014010104	A1	14 January 2016
				KR	20170056507	A	23 May 2017
				KR	102438593	B1	30 August 2022
				EP	3167196	A1	17 May 2017
				EP	3167196	B1	17 October 2018
				WO	2016005038	A1	14 January 2016
				US	2017152855	A1	01 June 2017
				US	10047759	B2	14 August 2018
				JP	2017522500	A	10 August 2017
				JP	6654191	B2	26 February 2020
CN	111102677	A	05 May 2020	None			
CN	116733769	A	12 September 2023	None			
EP	2894417	A1	15 July 2015	EP	2894417	B1	14 March 2018

A. 主题的分类

F25B30/02(2006.01)i; F25B41/40(2021.01)i; F25B49/02(2006.01)i; F04D27/02(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)

IPC: F25B, F04D

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))

CNTEXT, ENTXTC, WPABSC, ENTXT, DWPI, 中国期刊全文数据库: 热水, 压缩机, 串联, 两级, 双级, 多级, 第一压级, 第二压级, 高级, 低级, 高压级, 低压级, 双压缩, 负荷, 分配, 管理, 平衡, 频率, 转速, 转数, 升频, 降频, 加载, 负载, 卸载, 喘振, 防喘, 压比, 压力比, 电流, water, compressor, series, first, second, high+, low+, load+, unload+, frequency, rotat+, speed+, surge

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
PX	CN 117515958 A (珠海格力电器股份有限公司) 2024年2月6日 (2024 - 02 - 06) 说明书[0053]-[0114]段, 附图1-5	1-15
Y	CN 115560493 A (珠海格力电器股份有限公司) 2023年1月3日 (2023 - 01 - 03) 说明书[0071]-[0074]段, 附图1-3	1,12-15
Y	CN 110793088 A (广东芬尼克兹节能设备有限公司) 2020年2月14日 (2020 - 02 - 14) 说明书[0045]-[0066]段	1,12-15
A	CN 101421519 A (英格索尔—兰德公司) 2009年4月29日 (2009 - 04 - 29) 全文	1-15
A	CN 102985768 A (大金工业株式会社) 2013年3月20日 (2013 - 03 - 20) 全文	1-15
A	CN 105042968 A (广州市设计院) 2015年11月11日 (2015 - 11 - 11) 全文	1-15

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2024年11月13日

国际检索报告邮寄日期

2024年11月19日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

武利媛

电话号码 (+86) 010-53962857

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

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 107076158 A (琳德股份有限公司) 2017年8月18日 (2017 - 08 - 18) 全文	1-15
A	CN 111102677 A (宁波奥克斯电气股份有限公司等) 2020年5月5日 (2020 - 05 - 05) 全文	1-15
A	CN 116733769 A (西安陕鼓动力股份有限公司) 2023年9月12日 (2023 - 09 - 12) 全文	1-15
A	EP 2894417 A1 (STIEBEL ELTRON GMBH & CO. KG) 2015年7月15日 (2015 - 07 - 15) 全文	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2024/116193

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	117515958	A	2024年2月6日	无			
CN	115560493	A	2023年1月3日	无			
CN	110793088	A	2020年2月14日	EP	3845818	A1	2021年7月7日
				EP	3845818	B1	2022年3月9日
				WO	2021082202	A1	2021年5月6日
CN	101421519	A	2009年4月29日	WO	2007095537	A1	2007年8月23日
				US	2016327049	A1	2016年11月10日
				US	2007189905	A1	2007年8月16日
				EP	1984628	A1	2008年10月29日
				EP	1984628	B1	2014年12月17日
CN	102985768	A	2013年3月20日	EP	2594866	A1	2013年5月22日
				EP	2594866	B1	2019年9月4日
				ES	2758837	T3	2020年5月6日
				WO	2012008479	A1	2012年1月19日
				JP	2012021721	A	2012年2月2日
				JP	4941581	B2	2012年5月30日
				US	2013098102	A1	2013年4月25日
				US	9360241	B2	2016年6月7日
CN	105042968	A	2015年11月11日	无			
CN	107076158	A	2017年8月18日	DE	102014010104	A1	2016年1月14日
				KR	20170056507	A	2017年5月23日
				KR	102438593	B1	2022年8月30日
				EP	3167196	A1	2017年5月17日
				EP	3167196	B1	2018年10月17日
				WO	2016005038	A1	2016年1月14日
				US	2017152855	A1	2017年6月1日
				US	10047759	B2	2018年8月14日
				JP	2017522500	A	2017年8月10日
				JP	6654191	B2	2020年2月26日
CN	111102677	A	2020年5月5日	无			
CN	116733769	A	2023年9月12日	无			
EP	2894417	A1	2015年7月15日	EP	2894417	B1	2018年3月14日