

太阳能辅助的双源耦合热泵系统制热特性研究

王 林, 付文轩, 谈莹莹, 梁坤峰, 袁俊飞

(河南科技大学制冷热泵空调技术研究所, 洛阳 471023)

摘 要: 传统空气源热泵在较低环境温度下存在制热量不足和制热效率偏低问题, 该文提出一种太阳能辅助的双源双压缩耦合热泵系统, 通过集热器将太阳能转化为低温热水以构建太阳能水源热泵单元, 利用2台压缩机和1台冷凝器实现太阳能水源热泵单元和空气源热泵单元并联耦合工作。太阳能水源热泵单元和空气源热泵单元既能各自独立运行又能同时运行以满足用户全天候热负荷需求。基于 DeST 软件评估一个供热期(120 d)郑州某建筑逐时热负荷特性。在建立热力学数学模型基础上编写程序进行新系统循环特性计算和能耗分析, 结果表明: 双源耦合热泵系统 COP_h 较传统空气源热泵明显升高; 前者日节能率介于 1.01%~14.75% 之间, 在整个供热期总能耗较后者减少 8.72%。双源(空气源蒸发器和水源蒸发器)双压缩机并联流程耦合热泵比双源单压缩机串联流程耦合热泵更具有节能优势。

关键词: 空气源热泵; 节能; 蒸发器; 制热性能系数(COP_h); 双源耦合

中图分类号: TK51

文献标识码: A

0 引 言

传统空气源热泵在气温较低时会引起制冷剂吸气比容增加、压缩机排气温度升高、压缩比增加, 从而导致制热量急剧减少和制热性能系数(COP_h)明显下降等问题。针对传统空气源热泵在低温工况下制热局限性, 研究者采用不同解决方案改善热泵机组性能: 1) 采用喷气增焓的双级压缩空气源热泵来提升热泵机组的低温工况制热性能^[1-3]; 2) 采用双级耦合或复叠式空气源热泵适用于北方寒冷地区供热^[4,5]; 3) 采用相变储能或热源塔或无霜型空气源热泵解决低温工况下除霜或结霜问题^[6,7]; 4) 采用太阳能和空气源耦合复合热泵系统^[8-10]。

太阳能-空气源复合热泵系统是以太阳能和空气为低温热源的热泵系统, 将太阳能整合到空气源热泵系统中, 可改善传统空气源热泵冬季运行效果不太理想的弊端, 具有较好节能性。现有太阳能-空气源复合热泵常设置空气源蒸发器和太阳能水源蒸发器, 这 2 台蒸发器并联连接, 再与 1 台压缩机

和 1 台冷凝器串联连接, 需要通过阀门来切换 2 台蒸发器工作模式, 2 台蒸发器无法同时运行。所以若能同时实现 2 台蒸发器协调工作, 则太阳能利用还可望有进一步提升空间。如能实现太阳能和空气源的最佳耦合, 将能进一步提高太阳能-空气源复合热泵制热性能。基于此, 在前人工作的基础上, 王 林等^[11]提出一种专利技术, 即太阳能辅助的双源双压缩耦合热泵系统, 利用太阳集热器制取低温热水作为热泵的低位热源, 与空气源热泵单元进行耦合, 采用 2 台压缩机共用冷凝器使得空气源热泵和水源热泵既可独立工作又可同时运行, 有效利用太阳能提高制热量和制热性能, 本论文对该双源耦合复合热泵系统制热性能开展研究, 同时, 对采用双源双压缩机并联流程与双源单压缩机串联流程的耦合热泵性能进行比较分析。

1 工作原理

图 1 所示为太阳能辅助的双源耦合热泵系统。该系统适用于全年全天候的制冷与制热工况。

收稿日期: 2017-03-06

基金项目: 国家自然科学基金(51641604; U1504525)

通信作者: 王 林(1973—), 男, 博士、教授, 主要从事制冷与空调节能技术方面的研究。wlhaust@163.com

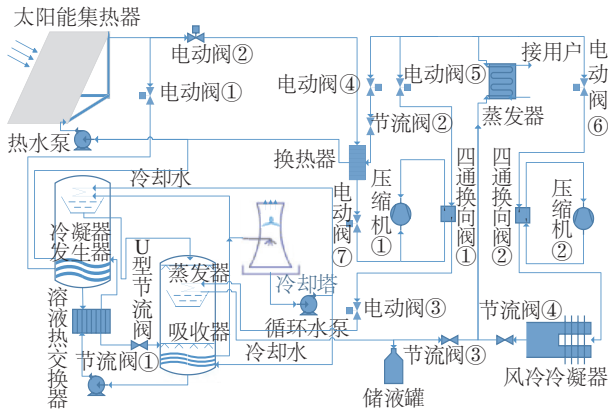


图1 太阳能辅助的双源耦合热泵系统原理图

Fig. 1 Diagram of solar assisted dual source hybrid heat pump

因本文工作只涉及到系统的制热工况,为便于分析,略去制冷工况的部件,只保留制热工况的所需部件,故将其简化为图2所示的太阳能辅助的双源耦合热泵系统(制热工况系统图),该系统主要由太阳能水源热泵单元和空气源热泵单元组成,2个热泵单元共用1个室内换热器(冷凝器),采用双源双压缩机并联流程结构,其中太阳集热器、水源蒸发器、压缩机①、四通换向阀①、节流阀①等部件构成形成太阳能水源热泵单元;空气源蒸发器、节流阀②、压缩机②、四通换向阀②等主要部件组成空气源热泵单元。该系统当有太阳能时则完全利用太阳能水源热泵提供全部制热量,当太阳能不足或缺乏太阳能时则空气源热泵单元提供部分或全部的制热量。为防止水温过低而冻坏蒸发器,宜采用盐水或乙二醇溶液作为介质解决冬季蒸发器冻裂问题。

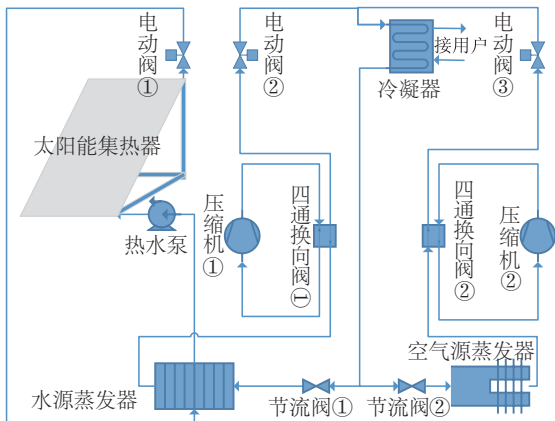


图2 太阳能辅助的双源耦合热泵系统(制热工况)

Fig. 2 Diagram of solar assisted dual source hybrid heat pump(in heating mode)

该系统共有3种工作模式:1)模式1——太阳能充足,太阳能水源热泵单元制热量完全满足用户侧空调热负荷需求,此时空气源热泵单元停止工作;2)模式2——太阳能不充足,太阳能热水单元和空气源热泵单元均运行共同承担建筑空调热负荷,其中太阳能热水单元仅仅制取一部分热量供给用户,而空气源热泵单元制取另一部分热量供给用户。3)模式3——完全没有太阳能,集热器出口水温低于设定温度,故太阳能水源热泵单元停止工作,而空气源热泵单元制热来承担用户的全部热负荷。

2 热力学数学模型

2.1 太阳集热器模型

1)集热器效率:

$$\eta_i = \alpha - \beta \cdot (t_{ji} - t_a) / I \quad (1)$$

对于平板型集热器^[12], $\alpha = 0.8$, $\beta = 3.5$ 。

2)集热器集热量:

$$Q_g = F \cdot I \cdot \eta_i \quad (2)$$

3)集热器出口温度:

$$t_{j,o} = \frac{Q_g}{(c_p \cdot G)} + t_{j,i} \quad (3)$$

2.2 复合热泵系统热力学模型

1)制冷剂质量守恒:

$$q = q_{as} + q_{ws} \quad (4)$$

2)空气源蒸发器换热量:

$$Q_{c,as} = (h_{eva-A,i} - h_{eva-A,o}) q_{as} \quad (5)$$

3)水源蒸发器换热量:

$$Q_{c,ws} = (h_{eva-S,i} - h_{eva-S,o}) q_{as} \quad (6)$$

4)冷凝器放热量:

$$Q_h = (q_{as} + q_{ws})(h_{con,i} - h_{con,o}) \quad (7)$$

5)水源热泵压缩机①功率 P_1 :

$$P_1 = (h_{com1,o} - h_{com1,i}) q_{ws} / (\varepsilon_i \varepsilon_m) \quad (8)$$

6)空气热泵压缩机②功率 P_2

$$P_2 = (h_{com2,o} - h_{com2,i}) q_{as} / (\varepsilon_i \varepsilon_m) \quad (9)$$

7)复合热泵制热系数:

$$COP_h = Q_h / (P_1 + P_2) \quad (10)$$

2.3 建筑空调热负荷模拟

为研究双源耦合热泵系统制热特性,拟将其作

为郑州某建筑空调冷热源。本文所选择建筑为一幢四层商务酒店,酒店层高 4.2 m,空调建筑面积 2715.6 m²,共有房间 80 个,并设有大厅、活动室、娱乐室等活动区域。空调运行时间为 24 h。空调设计参数为室内空气温度 24 ℃、相对湿度 50%。该建筑外墙及屋面均采用节能型墙体,其中太阳集热器阵列布置于屋面,集热器面积为 200 m²。选取冬季 1 月 10 日作为典型日,基于郑州地区室外气象参数^[13],运用 DeST 软件对该建筑的逐时热负荷进行模拟,并对整个季节(120 d)逐时空调热负荷进行模拟计算。如图 3 为热负荷、太阳辐射强度及室外温度之间的关系。太阳辐射强度在 14:00 达到最大值,室外温度在 16:00 达到最大值,而热负荷最大值出现在 08:00。

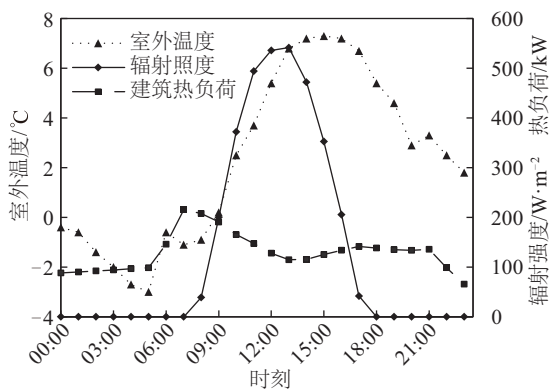


图3 典型日逐时环境参数

Fig. 3 Hourly outdoor climate parameters in typical day

3 程序算法

计算程序由集热器模块、太阳能水源热泵模块和空气源热泵模块组成。

1)集热器模块:导入气象参数,计算集热器效率并判断集热器按模式 1 或模式 2 或模式 3 工作。若按模式 3 则跳转到空气源热泵模块。若按模式 1 或模式 2 则计算逐时集热量。

2)太阳能水源热泵模块:计算在水源热泵制热模式下所需的吸热量,并与集热器集热量比较,若集热量大于所需的吸热量,则热负荷完全由水源热泵模块承担;若集热量小于所需的吸热量,则部分热负荷由水源热泵模块承担。

3)空气源热泵模块:蒸发温度由室外逐时温度决定,由输入除太阳能水源热泵单元提供制热量后,基于不足部分热负荷来计算空气源热泵能耗。

该程序基于所建立热力学数学模型,在 VC++ 环境下,进行双源耦合热泵系统的循环特性计算,热物性调用课题组自己开发的 R134a 热物性子程序。其中压缩机压缩过程为等熵过程,但考虑定熵效率和压缩机电机效率。程序采用二分迭代法对模型求解。

4 结果与讨论

为评价太阳能辅助的双源耦合热泵系统的工作特性与节能性,基于前面所完成的建筑热负荷模拟数据,典型日也选择 1 月 10 日,并选择整个供热季节 120 d 对传统空气源热泵与太阳能辅助的双源耦合热泵系统的循环特性与能耗进行计算比较分析。

4.1 典型工况热力性能

典型工况选取 1 月 10 日上午 10:00 时,给定参数条件为:室外,空气温度 -2.3 ℃,相对湿度 48%;室内,空气温度 24 ℃、相对湿度 50%。在该时刻所得系统各部件进出口状态点热力参数如表 1 所示。该时刻双源耦合热泵系统以模式 2 运行,集热器制取 17.85 ℃的热水,集热器集热量为 76.4 kW,但太阳能水源热泵单元制热量仅为 93.87 kW,因此,不足的 71.37 kW 由空气源热泵单元提供。此时太阳能水源热泵的蒸发温度为 12.85 ℃,比空气源热泵单元蒸发温度高 24.70 ℃,该时刻双源耦合热泵 COP_h 为 3.7,太阳能水源热泵单元 COP_h 为 4.3,较空气源热泵单元 COP_h 提高 43.3%。

4.2 典型日逐时性能分析

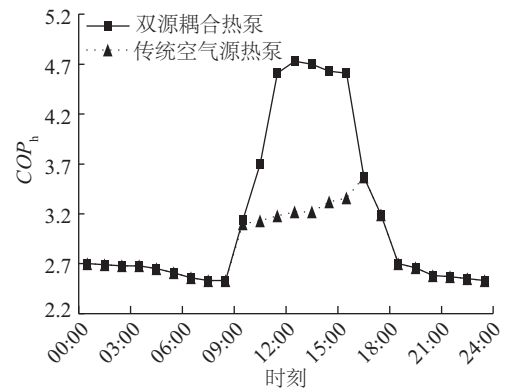
图 4 是双源耦合热泵系统与传统空气源热泵逐时 COP_h 比较。从图中可知,在 00:00~08:00 与 17:00~23:00 时区间双源耦合热泵系统与传统空气源热泵 COP_h 变化曲线相互重合,这是因为在这 2 个时间段内太阳集热器内热水温度低于设定温度,所以太阳能水源热泵单元停止运行,仅空气源热泵单元运行提供用户侧全部热负荷,在这种情况下,双源耦合热泵系统就是空气源热泵;在 09:00~16:00 时区间内,由于太阳集热器热水温度等于或者高于设定温度,所以太阳能水源热泵单元制热并提供部分热负荷给用户,而不足部分热负荷由空气源热泵单元提供,在这种情况下,双源耦合热泵系统制热量

表1 典型时刻(1月10日10:00)系统运行数据

Table 1 System state parameters at 10:00 on Jan 10

参数	数值
室外温度/℃	-2.30
太阳辐射强度/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$	372.22
集热器面积/ m^2	200.00
集热器进口温度/℃	10.00
集热器出口温度/℃	17.28
集热器提供的热量/kW	76.40
用户热负荷/kW	165.23
水源蒸发器蒸发温度/℃	12.28
水源蒸发器蒸发压力/kPa	447.11
水源蒸发器进口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	271.71
水源蒸发器出口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	405.71
空气源蒸发器蒸发温度/℃	-12.30
空气源蒸发器蒸发压力/kPa	183.18
空气源蒸发器进口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	271.71
空气源蒸发器出口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	391.40
冷凝温度/℃	50.00
冷凝压力/kPa	1317.62
冷凝器出口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	271.71
水源热泵压缩机出口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	433.67
空气源热泵压缩机出口焓/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	442.96
水源热泵压缩机功率/kW	21.83
水源热泵压缩机排气温度/℃	58.40
空气源热泵压缩机功率/kW	23.79
空气源热泵压缩机排气温度/℃	66.52
太阳能水源热泵制热量/kW	93.89
空气源热泵制热量/kW	71.35
总制热量/kW	165.23
太阳能水源热泵单元 COP_h	4.30
空气源热泵单元 COP_h	3.00
双源耦合热泵 COP_h	3.70

等于太阳能水源热泵单元的 COP_h 要明显高于空气源热泵 COP_h , 因此, 双源耦合热泵的综合 COP_h 显著提高, 并且在 12:00 时 COP_h 达到最大值 4.73, 而此时传统风冷热泵 COP_h 仅为 3.22, 可见, 双源耦合热泵系统 COP_h 较传统风冷热泵提高 46.8%。

图4 双源耦合热泵与传统空气源热泵逐时 COP_h 比较Fig. 4 Hourly COP_h comparison of two systems

双源耦合热泵系统与传统空气源热泵能耗比较见图 5, 双源耦合热泵系统总能耗低于传统空气源热泵, 尤其在 10:00 时刻, 前者能耗 38.56 kWh, 而后者能耗 52.75 kWh, 最大节能量可达 14.18 kWh, 双源耦合热泵系统逐时能耗比传统空气源热泵降低 26.8%。按日累积能耗来看, 前者比后者能耗低 60.07 kWh, 双源耦合热泵系统比传统空气源热泵日能耗降低 7.0%。

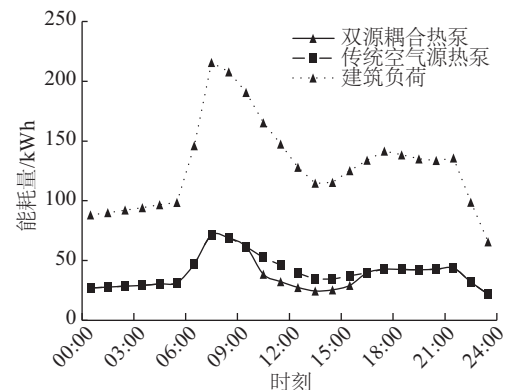


图5 双源耦合热泵与传统空气源热泵逐时能耗比较

Fig. 5 Comparisons of hourly energy consumption of the two systems

4.3 采暖季节逐日能耗分析

图 6 整个供热季节双源耦合热泵与传统空气源热泵逐日能耗比较曲线。从图中可知, 在整个供热季节(11月15日至次年3月15日), 双源耦合热泵系统逐日能耗均低于传统空气源热泵, 其中二者日能耗之差最大值为 114.13 kWh, 出现在 1月7日, 能耗之差最小值为 7.9 kWh, 出现在 12月10日, 前者较后者日能耗降低 1.01%~14.75%, 也就是双源耦

合热泵系统较空气源热泵日节能率在 1.01%~14.75%之间波动,日节能率变化趋势反映太阳辐射强度和室外气温变化趋势,日节能率越小,则表明该天太阳辐射强度弱和室外气温偏低。双源耦合热泵系统在整个供热季节总能耗为 70501.26 kWh,而传统空气源热泵在整个供热季节总能耗为 77236.13 kWh,前者较后者能耗降低 6734.87 kWh,因此与传统空气源热泵相比,双源耦合热泵系统总节能率达到 8.72%。由此看见,双源耦合热泵系统更适用于供热季节太阳辐射强度较强地区,其节能效果越明显。尤其仅需要在白天供热办公建筑,太阳能辅助双源耦合热泵系统更彰显其节能优势。

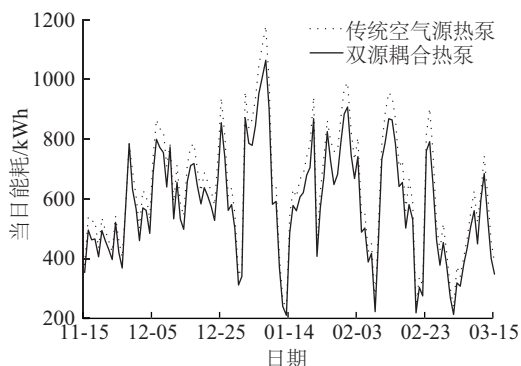


图6 双源耦合热泵与传统空气源热泵逐日能耗比较

Fig. 6 Comparisons of daily energy consumption of two types of systems in one heating season

4.4 双源双压缩机串、并联复合热泵系统比较

4.4.1 2种连接方式的热力过程比较分析

与双源双压缩机并联流程不同的是,双源单压缩机串联流程特点是,水源蒸发器、空气源蒸发器、1台压缩机和1台冷凝器依次串联连接。从2种连接方式可以看出,双源双压缩机并联流程具有2个并联连接蒸发器,因此具有2个不同蒸发温度,而双源单压缩机串联流程的两个蒸发器串联连接,因此2个串联连接的蒸发器具有相同蒸发温度。图7是双源双压缩机并联流程与双源单压缩机串联流程的热力过程温熵图。如图所示,3—4'—1'—2'—3和3—4—1—2—3表示双源双压缩机并联流程热泵循环在温熵图中热力过程,其中3—4'—1'—2'—3表示组成双源双压缩机并联流程的太阳能水源热泵单元热力过程,而3—4—1—2—3表示双源双压缩机并联流程的空气源热泵单元热力过程,由于太阳集热器吸收太阳能,因此在有太阳能情况下,

热水温度高于空气温度,所以太阳能水源热泵单元蒸发温度高于空气源热泵单元的蒸发温度。同样地,3—4—1—2—3表示双源单压缩机串联流程热泵循环在温熵图中热力过程,虽然该流程也包括太阳能水源蒸发器和空气源蒸发器2台蒸发器,太阳能水源温度高于空气源温度,但由于这2个蒸发器串联连接,必然具有相同压力,因此具有相同蒸发温度,且它们的蒸发温度主要取决于室外空气温度。

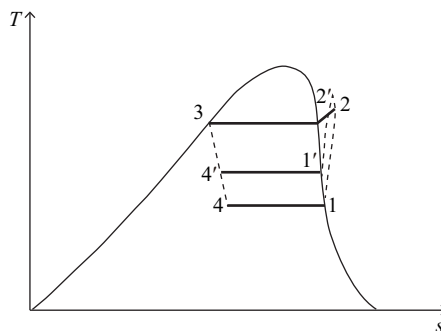


图7 2种连接流程的热力过程温熵图

Fig. 7 Diagram of T - s for two types of systems

4.4.2 2种连接流程的能耗比较分析

为对2种连接流程的双源耦合热泵的性能进行比较分析,依然选取1月10日作为典型日和前面相同建筑作为依据。图8是2种连接流程的双源耦合热泵逐时能耗比较曲线。如图8所示,在00:00~08:00与17:00~23:00时区间2种连接形式的双源耦合热泵的能耗曲线完全重合,说明在这2个时间段内它们能耗相同。在09:00~16:00时在这段时间,前者能耗明显低于后者,由于2台蒸发器并联连接的双源热泵 COP_h 要高于2台蒸发器串联连接的双源耦合热泵,所以前者能耗更低,按典型

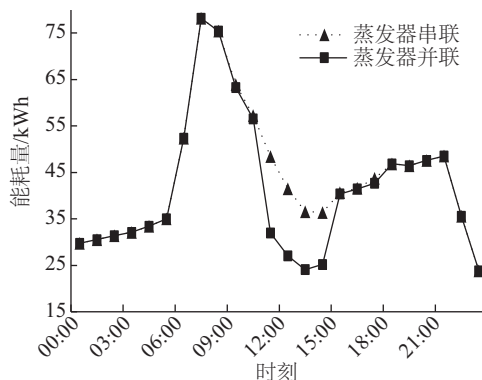


图8 2种连接流程的双源耦合热泵能耗比较

Fig. 8 Energy consumption comparison of two evaporator arrangements

日全天累计能耗计算,前者的总能耗比后者减少7.0%。可见双源双压缩机并联流程比双源单压缩机串联流程更具有节能优势,但前者比后者需要多增加1台压缩机,也就需要增加设备初投资,通过对全年经济性计算分析表明,所节省的运行费用可抵消这部分的投资增加。

5 结 论

提出一种新型太阳能辅助的双源耦合热泵系统,并对其制热特性和能耗进行分析。得出以下结论:

1) 太阳能辅助双源耦合热泵系统由太阳能水源热泵单元和空气源热泵单元耦合而成,太阳能水源热泵单元因太阳集热器出口水温较室外空气温度升高,明显提高双源耦合热泵系统 COP_h , 双源耦合热泵系统日节能率在1.01~14.75%之间波动,整个供热期较传统空气源热泵节能8.72%。

2) 太阳能辅助的双源热泵系统通过太阳能水源热泵单元和空气源热泵单元互补协同运行,能够有效地克服传统太阳能水源热泵所存在间歇性问题及在低温环境下空气源热泵的能效比偏低问题,提高太阳能和空气能利用效率以及保证热泵全天候制热要求。双源耦合热泵系统更适用于供热季节太阳辐射强度较强地区。尤其仅需要在白天供热办公建筑,太阳能辅助双源耦合热泵系统更彰显其节能优势。

3) 太阳能水源蒸发器和空气源蒸发器有串联和并联2种连接方式,双源双压缩机并联流程的双源耦合热泵比双源单压缩机串联流程的双源耦合热泵更具有节能优势。

符号表

α, β	集热器性能常数
c_p	比定压热容, J/(kg·K)
F	集热器面积, m ²
G	热水流量, kg/s
h	焓, kJ/kg
I	太阳辐射强度, W/m ²
q	制冷剂流量, kg/s
Q	换热器换热量, W
P	功率, kW
t	温度, °C
η_i	集热器瞬时效率, %
ε_i	压缩机定熵效率, %
ε_m	电机效率, %

下标

1	水源热泵压缩机①
2	空气热泵压缩机②
c	蒸发器换热量
i	进口
j	集热器
m	压缩机内的电机
h	制热模式
o	出口
a	环境
g	太阳集热器
as	空气源热泵
ws	太阳能水源热泵
eva-A	空气源蒸发器
eva-S	水源蒸发器
com	压缩机
con	冷凝器

[参考文献]

- [1] 马国远, 邵双全. 寒冷地区空调用热泵的研究[J]. 太阳能学报, 2002, 23(1): 17—21.
- [1] Ma Guoyuan, Shao Shuangquan. Research on heat pump cycle for air conditioning in cold regions[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2002, 23(1): 17—21.
- [2] Ma Guoyuan, Zhao Huixia. Experimental study of a heat pump system with flash- tank coupled with scroll compressor[J]. Energy and Buildings, 2008, (40): 697—701.
- [3] 张 东, 李金平, 刘 伟, 等. 喷气增焓空气源热泵热性能评价及预测[J]. 化工学报, 2014, 25(12): 5004—5009.
- [3] Zhang Dong, Li Jinping, Liu Wei, et al. Thermal performance evaluation and prediction of enhanced vapor injection air source heat pump[J]. CIESC Journal, 2014, 25(12): 5004—5009.
- [4] 王 伟, 马最良, 姚 杨, 等. 双级耦合式热泵供暖系统在北京地区实际应用性能测试与分析[J]. 暖通空调, 2004, 34(10): 91—95, 105.
- [4] Wang Wei, Ma Zuiliang, Yao Yang, et al. Performance test and analysis of a heating system with double-stage coupling heat pumps in Beijing[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2004, 34(10): 91—95, 105.
- [5] 王 林, 陈光明, 陈 斌. 一种用于低温环境下新型空气源热泵循环研究[J]. 制冷学报, 2005, 26(2): 34—38.
- [5] Wang Lin, Chen Guangming, Chen Bin. Cycle analysis of heating and refrigeration in new air-source heat pump

- [J]. Journal of Refrigeration, 2005, 26(2): 34—38.
- [6] 梁彩华, 文先太, 张小松, 等. 基于热源塔的热泵系统构建与试验研究[A]. 第六届全国制冷空调新技术研讨会论文集[C], 武汉, 2010: 438—443.
- [6] Liang Caihua, Wen Xiantai, Zhang Xiaosong, et al. Construction and experimental research on heat pump system based on heat-source tower [A]. The Sixth National Symposium on New Technology of Refrigeration and Air Conditioning[C], Wuhan, 2010: 438—443.
- [7] Li Yongcun, Chen Guangming, Tang Liming. Analysis on performance of a novel frost free air-source heat pump system[J]. Building and Environment, 2011, 46: 2052—2059.
- [8] Bellos E, Tzivanidis C, Moschos K, et al. Energetic and financial evaluation of solar assisted heat pump space heating systems[J]. Energy Conversion and Management, 2016, 120: 306—319.
- [9] 周光辉, 刘寅, 张岑, 等. 太阳能辅助空气源复合热泵冬季供热特性实验研究[J]. 太阳能学报, 2011, 32(11): 1662—1665.
- [9] Zhou Guanghui, Liu Yin, Zhang Cen, et al. Experimental study on heating performance of a solar assistant air source heat pump[J]. Acta Energiæ Solaris Sinica, 2011, 32(11): 1662—1665.
- [10] 王岗, 全贞花, 赵耀华, 等. 太阳能-空气复合热源热泵热水系统[J]. 化工学报, 2014, 65(3): 1033—1039.
- [10] Wang Gang, Quan Zhenhua, Zhao Yaohua, et al. Solar-air composite heat source heat pump hot water system [J]. CIESC Journal, 2014, 65(3): 1033—1039.
- [11] 王林, 白朝勤, 袁俊飞, 等. 一种利用太阳能-空气能热泵系统[P]. 201510636133.2, 中国: 2015-09-30.
- [11] Wang Lin, Bai Zhaoqin, Yuan Junfei, et al. A kind of solar-air source heat pump system [P]. 201510636133.2, China: 2015-09-30.
- [12] Huang B J, Chang J M, Petrenko V A, et al. A solar ejector cooling system using refrigerant R141b[J]. Solar Energy, 1998, 64(4-6): 223—226.
- [13] 中国气象局气象信息中心气象资料室. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [13] China Meteorological Information Center Meteorological Reference Room. Technological sciences china building thermal environment dedicate meteorological data set [M]. Beijing: China Industry Press, 2005.

STUDY ON HEATING PERFORMANCE OF SOLAR ASSISTED DUAL-SOURCE HYBRID HEAT PUMP SYSTEMS

Wang Lin, Fu Wenxuan, Tan Yingying, Liang Kunfeng, Yuan Junfei

(Institute of Refrigeration and Air conditioning, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

Abstract: The conventional air-source heat pump has some disadvantages such as low heating capacity and heating efficiency when outdoor air temperature is low in winter. A solar assisted dual source hybrid heat pump system (SSCHP) was proposed in this paper. A solar water source heat pump (WSHP) unit is coupled with an air-source heat pump (ASHP) unit to form the integral hybrid heat pump system. Hot water from solar collector is the heat source of WSHP unit. Using two compressors and one common condenser into the hybrid heat pump system makes it be possible for WSHP unit and ASHP unit to operate at the same time, or operate independently. To take a building in Zhengzhou for instance, the hourly heating load in one heating season (120 days) is evaluated by DeST software. Cycle performance and energy consumption were calculated and analyzed on a basis of the thermodynamic mathematical model of the hybrid heat pump system. The results show that COP_h of the SSCHP increases obviously as compared to the conventional air-source heat pump. The daily energy conservation rate of the SSCHP changes in the range of 1.01%~14.75%, and the energy consumption of the SSCHP in whole heating season decreases by 8.72%. The hybrid heat pump with dual compressors and two parallel evaporators has more potential of energy conservation than that one with one compressor and two serial evaporators.

Keywords: air source heat pump; energy conservation; evaporator; coefficient of performance for heating (COP_h); dual source coupled