

压缩机变频调节的小型空气源热泵 制热性能实验研究

牛建会^{1,2}, 马国远¹, 许树学^{1*}, 刘帅领¹

(1 北京工业大学, 环境与能源工程学院, 北京, 100124; 2 河北建筑工程学院, 能源与环境工程学院, 河北 张家口 075000)

摘要: 为研究压缩机变频对热泵制热性能的影响, 搭建了额定 4HP 变频压缩机热泵系统实验装置, 实验研究压缩机在不同频率下, 热泵的排气温度、吸气压力、制热量、压缩机耗功率和制热 COP 的变化, 为空气源热泵的进一步节能运行提供理论依据。

关键词: 空气源热泵; 变频; 制热性能

Experimental study on heating performance of small air source heat pump with compressor frequency conversion

Niu Jianhui^{1,2}, Ma Guoyuan¹, Xu Shuxue^{1*}, Liu Shuailing¹

(1 College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China

2 College of Energy and Environmental Engineering, Hebei University of Architecture, Zhangjiakou, 075000, China)

Abstract In order to prove the influence of compressor frequency conversion on the heat pump performance, the experimental device of the rated 4HP with compressor frequency conversion heat pump system is set up in this paper. The experimental study on the change of exhaust temperature, suction pressure, heat production, compressor power consumption and heat production COP of the compressor at different frequencies was carried out, hoping to provide a theoretical basis for the further energy saving operation of the air source heat pump.

Keywords Air source heat pump Frequency conversion Heating performance

0 前言

目前, 京津冀地区正在进行大规模的“煤改电”工程, 上百万户的农村家庭冬季供暖已由原来的家用燃煤小锅炉替换成空气源热泵机组。但目前农户里安装的空气源热泵机组多数为定频率运行, 供暖温度的控制靠启停实现, 这必将造成要么房间内过冷、要么浪费电能, 没有真正达到即舒适又节能的目的。如若目前的空气源热泵能变频调节, 当达到室内温度设置值时, 自动调节压缩机和电机的运转速度, 自动调整工作的频率输出电量, 以低转速运行, 不会停机。这不仅提高了运行效率, 也为用户节省了电费。在变频热泵产品中, 变频热泵空调器的应用最为广泛, 与普通定频热泵空调器相比, 制热性能及采暖体验得到提升^[1-4]。为了进一步降低空气源热泵机组成本, 本文提出以毛细管作为节流元件, 搭建了压缩机变频的空气源热泵系统, 以 R134a 为制冷剂, 实验研究机组制热性能。

1 系统原理

1.1 系统组成

压缩机变频热泵系统工作原理如图 1 所示。系统由变频压缩机、室内换热器、毛细管、4 台室外换热器及油分离器、储液器、气液分离器等附件组成, 实现冬季制热功能。与普通热泵系统不同之处在于本装置包含 4 台相同结构、相同换热面积的管翅式蒸发器和与之相对应的 4 根相同内径和相同长度的毛细管。

基金项目: 北京市教委科技计划项目 (SQKM201810005011), 2017 年河北省省级科技计划项目 (17274515)。

作者简介: 牛建会(1981-), 女, 讲师, 在读博士, 主要从事制冷热泵技术研究, E-mail: zjknjh@163.com。

*通讯作者: 许树学(1981-), 男, 讲师, 主要从事制冷、热泵技术方面的研究, E-mail: xsx@bjut.edu.cn。

通讯地址: 北京市朝阳区平乐园 100 号北京工业大学 邮编: 100124。

这样设置的目的是为了机组在不间断供热的前提下实现室外蒸发器轮换过冷融霜，本文暂不讨论轮换过冷融霜，只研究正常蒸发制热的工况。高温高压制冷剂液体由储液器经供液管送到4台室外机入口前的毛细管，经节流降压后进入室外换热器吸热气化，经回气管流入气液分离器后被压缩机吸入压缩，压缩机排气经油分离器后进入室内换热器放热制取热量。

1.2 实验测试系统

基于一台额定4HP变频压缩机搭建了实验装置，实验测试装置如图2所示。机组组装完毕后在焓差实验室中进行测试，室内侧温度控制范围10~50℃，相对湿度30%~85%，室外侧温度-15~55℃，相对湿度30%~85%，室内、外侧温度控制精度±0.1℃，湿度控制精度±0.1℃(WB)。压缩机功率通过高精度电量测试仪表获得。系统的制热量通过制冷剂流量计测得的质量流量乘以冷凝器的进出口制冷剂焓差获得。

为了更好地评价系统的性能，本实验对其主要部位的温度传感器、压力变送器及压缩机功率计、制冷剂质量流量计等仪表进行了标定，主要实验测量仪器见表1。

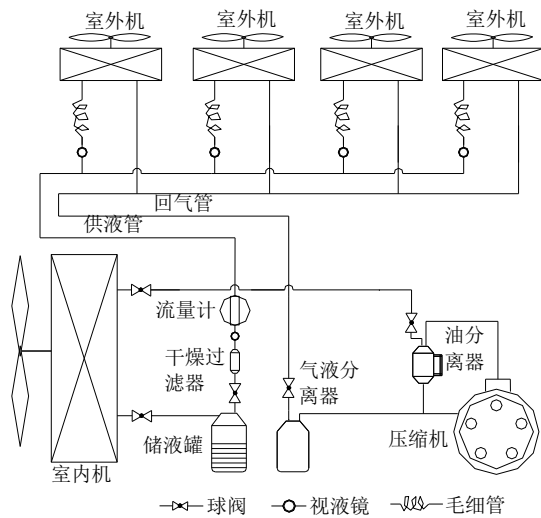


图 1. 压缩机变频的空气源热泵系统

Fig 1. Air source heat pump with compressor frequency conversion

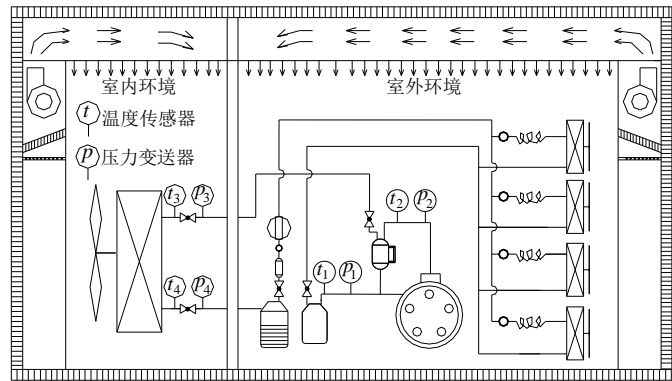


图 2. 空气源热泵实验测试装置

Fig 2. Experimental air source heat pump system

表 1. 主要实验仪器

Table 1. The main experiment sensors

测量仪器	测量变量	测量范围	测量精度
PT100	温度/℃	-150~150℃	±0.15℃
压力变送器	压力/MP	-0.1~4.0	±0.2%
数据采集器	-	0~100mA	±0.2%
流量计	制冷剂流量/(kg/h)	0~150	±0.2%
功率计	压缩机功耗/kW	-	±0.5

2 实验方案

实验控制室内侧温度为24℃，室外侧温度为0℃，压缩机和变频器相连，压缩机频率调节范围：从35Hz到50Hz。研究压缩机吸气压力、排气温度、制热量及制热COP随压缩机频率的变化。

3 结果与讨论

如下实验数据均取为热泵机组稳定后运行20分钟的数据进行分析。

3.1 排气温度

由图3可知，压缩机排气温度随频率的增加而增加，频率越高，排气温度越高，频率一定时，排气温

度变化不大。当压缩机频率为 35Hz 时，稳定运行 10 分钟的排气温度为 67.34°C，频率增加到 45Hz 时，排气温度升高至 71.87°C，平均排气温度升高了 4.53°C，频率为 50Hz 时，平均排气温度升高至 78.50°C，相比 35Hz 时的平均排气温度升高了 16.6%。频率为 40Hz 时，运行 5 分钟时排气温度为 71.48°C，而运行到 20 分钟时，排气温度为 71.47°C，与运行 5 分钟时相比排气温度基本不变。

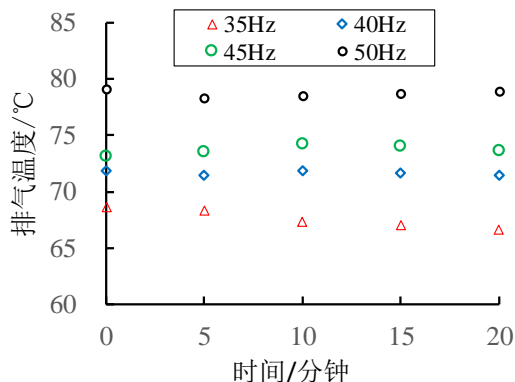


图 3 排气温度随频率的变化

3.2 吸气压力

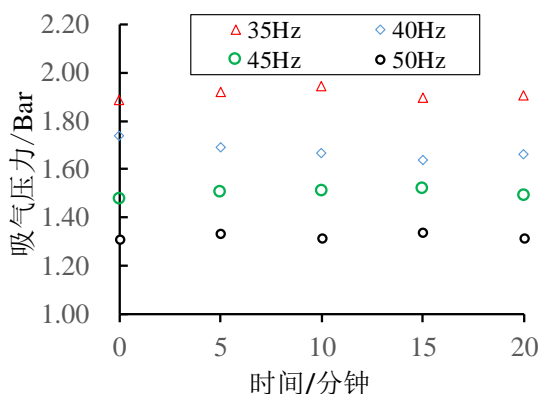


图 4 吸气压力随频率的变化

图 4 所示为吸气压力随频率的变化。由图 4 可知，压缩机吸气压力随频率的升高而降低，频率越高，吸气压力越低，频率一定时，吸气压力变化不大。在运行 5 分钟时，压缩机频率为 35Hz 时，吸气压力最大，其吸气压力为 1.92 Bar，压缩机频率为 45Hz 时，其吸气压力为 1.51 Bar，吸气压力降低了 0.41 Bar，而压缩机频率升高至 50Hz 时，其吸气压力最低，降低至 1.33 Bar。压缩机频率为 40Hz，稳定运行 5 分钟的吸气压力为 1.69 Bar，稳定运行 20 分钟时，吸气压力为 1.66 Bar，变化很小。

3.3 制热量

图 5 所示为制热量随频率的变化。由图 5 可知，机组制热量随压缩机频率升高而升高，频率越高，制热量越高。随着频率的升高，制热量升高的幅度降低，频率一定时，制热量基本不变。当压缩机频率为 35Hz 时，机组运行 20 分钟的平均制热量为 5.69 kW，压缩机频率为 40Hz 时，平均制热量为 5.88 kW，增加了 0.19 kW，压缩机频率增加到 50Hz 时，机组平均制热量为 6.04 kW，相比 35Hz 时制热量增加了 0.35 kW，而相比 45Hz 时却只增加了 0.06 kW，制热量升高幅度降低。

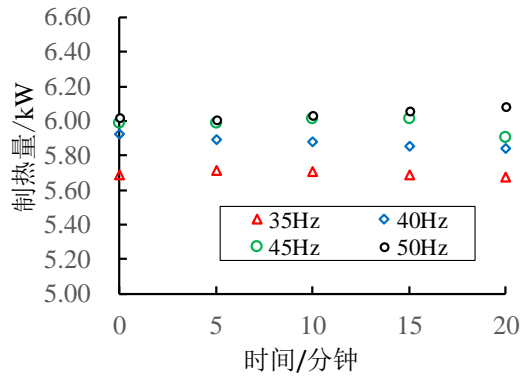


图 5 制热量随频率的变化

3.4 制热 COP

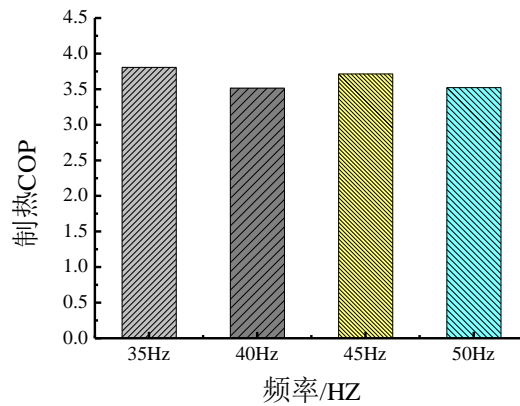


图 6 制热 COP 随频率的变化

由图 6 可知，机组制热 COP 随压缩机频率的变化没有呈现明显的一致的规律性，这主要是由于制热 COP 受机组制热量和压缩机耗功率的综合影响，压缩机频率为 35Hz 时，机组制热 COP 稍高一些，其原因如下：尽管此时机组制热量最低，但其压缩机耗功率也最低，因此其制热 COP 不但不是最低反而最高。

4 结论

本文针对“煤改电”工程中的空气源热泵，提出采用毛细管节流，同时压缩机变频的空气源热泵系统，搭建了实验装置，实验研究了系统的制热性能随压缩机频率的变化。得出的结论如下：压缩机排气温度随频率的增加而增加，频率越高，排气温度越高，频率一定时，排气温度变化不大。压缩机吸气压力随频率的升高而降低，频率越高，吸气压力越低，频率一定时，吸气压力变化不大。机组制热量随压缩机频率升高而升高，频率越高，制热量越高，随着频率的升高，制热量升高的幅度降低，频率一定时，制热量基本不变。机组制热 COP 随压缩机频率的变化没有呈现明显的一致的规律性。

参考文献

- [1] 彦启森, 石文星, 田长青. 空气调节用制冷技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [2] 凌勇坚. 变频空调器的节电机理和实效[J]. 上海节能, 2004, (4): 21-23.
- [3] 张宏亮, 刘金平. 家用变频空调冷负荷分析与节能探讨[J]. 暖通空调, 2003, 33(6): 119-12.
- [4] 卜明华, 邢志勇. 变频空调器能效指标及其测试方法探讨[J]. 家用电器科技, 2000, (4): 53-55.