

# 风管送风式空调(热泵)机组制冷运行的实验分析

黄 虎<sup>1</sup>, 李奇贺<sup>1</sup>, 袁冬雪<sup>1</sup>, 秦振春<sup>1</sup>, 张忠斌<sup>1</sup>, 张建忠<sup>2</sup>

(1 南京师范大学 动力工程学院, 江苏 南京 210042 2 南京建筑设计研究有限公司, 江苏 南京 210005)

[摘要] 通过对风管送风式空调(热泵)机组标称制冷工况下运行状态的全面测试, 并对测试数据进行分析, 掌握了机组在标称制冷状态下运行时压力及温度变化的规律, 特别是压力及温度变化对机组制冷量和能效比的影响, 在此基础上提出了进一步改进机组性能, 提高机组运行效率的途径。

[关键词] 空调, 热泵, 实验分析

[中图分类号] TU 831 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2007)02-0029-04

## Experimental Analysis on Ducted Air-Conditioning (Heat Pump) Units at Refrigerating Operation

Huang Hu<sup>1</sup>, Li Qihē<sup>1</sup>, Yuan Dongxue<sup>1</sup>, Qin Zhenchun<sup>1</sup>, Zhang Zhongbin<sup>1</sup>, Zhang Jianzhong<sup>2</sup>

(1 School of Power Engineering Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

2 Nanjing Architectural Design and Research Institute Co., LTD, Nanjing 210005, China)

**Abstract** From the overall test of Ducted Air-conditioning (Heat Pump) Units under nominal refrigeration condition and directional analysis on test data, the variation rules is comprehensively mastered about the pressure and temperature of units at nominal refrigerating operation especially about the influence of the pressure and temperature on unit refrigerating capacity and EER. Methods to improve unit performance and promote its operating efficiency further were introduced.

**Key words** air-conditioning, heat pump, experimental analysis

## 0 引言

风管送风式空调(热泵)机组具有效率高、安装方便、可引入部分新风、初投资少等优点, 可应用于酒店、商场、工厂厂房和住宅空调。已公开发表的有关风管送风式空调(热泵)机组的研究主要集中在其工程应用方面, 文献[1]、文献[2]及文献[3]探讨了风管送风式机组在家用中央空调方面的应用, 文献[4]对风管送风式空调机组在中小型商场中的应用进行了论述, 文献[5]介绍了风管送风式空调机组在会展场馆上的应用, 文献[6]介绍了风管送风式空调机组在酒店中央空调中的应用, 文献[7]及文献[8]介绍了风管送风式空调机组在餐厅和公共厨房空调中的应用, 文献[9]探讨了风管送风式空调(热泵)机组应用于多联机空调系统新风处理的问题。但在文献中涉及风管送风式空调(热泵)机组系统研究很少。本文对风管送风式空调(热泵)机组在标称制冷工况下的运行状态进行了深入的实验分析, 通过对机组性能和各主要关键部位压力、温度的测试, 全面掌握了机组运行的特征状态, 并由此反映了机组制冷量和能效比与机组运行状况的关系, 为机组的设计、使用提供了有价值的参考。

## 1 实验系统与机组测点分布

### 1.1 实验系统介绍

风管送风式空调(热泵)机组的实验分析在如图 1 所示的实验系统中进行, 系统由室外侧环境模拟间

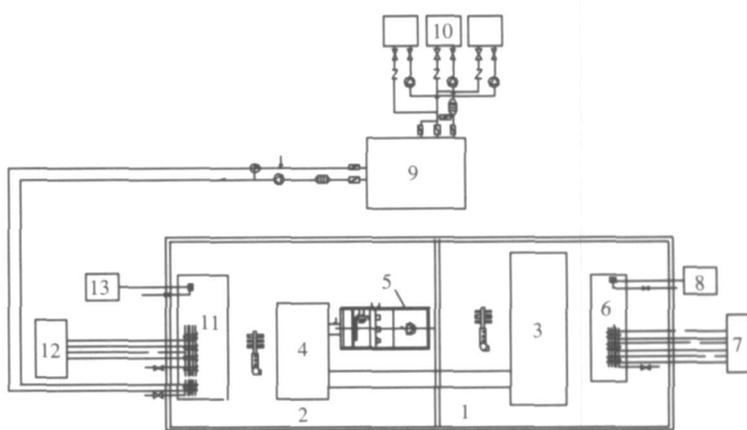
收稿日期: 2006-12-11

作者简介: 黄 虎(1962-), 博士, 副教授, 主要从事空调制冷系统与热泵的教学与研究。E-mail huanghu@njjnu.edu.cn

和室内侧环境模拟间及工况机组和测量装置组成, 测试精度达到国标 GB/T18836-2002《风管送风式空调(热泵)机组》<sup>[10]</sup>规定的要求。

### 1.2 机组流程及测点布置

图 2 为实验机组室外机流程图, 室外机组由压缩机、四通换向阀、室外侧换热器、节流组件、贮液器、气液分离器等组成。图 3 为实验机组室内机流程图, 室内机由室内侧换热器、节流组件等组成。沿机组流程布置了相应的压力和温度测点。表 1 为压力、温度测点的说明。



1. 室外侧环境模拟间; 2. 室内侧环境模拟间; 3. 室外机组;  
4. 室内机组; 5. 风洞; 6. 室外侧空气处理机; 7, 12. 压缩冷凝机组;  
8, 13. 蒸汽加湿器; 9. 恒温水箱; 10. 风冷冷水机组; 11. 室内侧空气处理机

图 1 实验系统图

Fig.1 Experiment system diagram

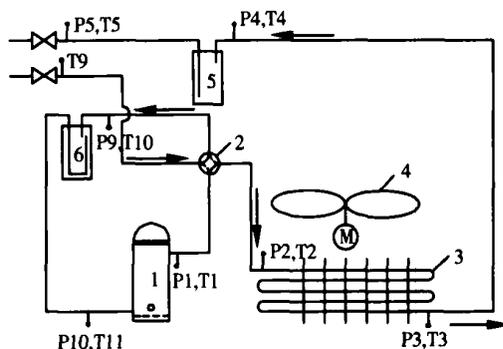
## 2 测试结果与分析

按 GB/T18836-2002《风管送风式空调(热泵)机组》规定的标称制冷工况的要求, 对风管送风式空调(热泵)机组的制冷运行状态进行了测试, 表 2 为标准规定的工况参数与实际测试的工况参数对照表, 实际值与标准规定值的偏差在标准规定允许的偏差范围内。

表 1 压力和温度测点说明

Table 1 Instruction of pressure and temperature measuring points

点号	压力 /kPa	温度 /℃
1	排气压力	排气温度
2	进室外侧换热器压力	进室外侧换热器温度
3	出室外侧换热器压力	出室外侧换热器温度
4	进储液器压力	进储液器温度
5	出室外机压力	出室外机温度
6	阀前压力	阀前温度
7	阀后压力	阀后温度
8	出室内机换热器压力	出室内机换热器温度
9	进气液分离器压力	进室外机温度
10	吸气压力	进气液分离器温度
11		吸气温度



1. 压缩机; 2. 四通阀; 3. 室外侧换热器;  
4. 风机; 5. 贮液器; 6. 气液分离器

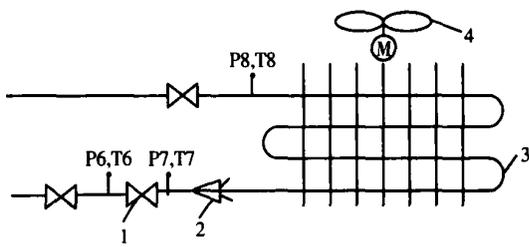
图 2 实验机组室外机流程图及测点布置

Fig.2 System flow and measuring points arrangement of outdoor unit

表 2 标准规定的工况参数与实际测试的工况参数对照表

Table 2 The comparison table between the work condition parameters stipulated by standard and the practical parameters

工况参数 /℃	标准规定	实际值
室内侧入口干球温度	27	27.0
室内侧入口湿球温度	19	18.7
室外侧入口干球温度	35	34.9



1. 膨胀阀; 2. 分液器; 3. 室内侧换热器; 4. 风机

图 3 实验机组室内机流程图及测点布置

Fig.3 System flow and measuring points arrangement of indoor unit

图 4 为压力变化状态图, 图 5 为温度变化状态图, 相应的测点与表 1 对应。

根据测试结果: 制冷剂出冷凝器至进膨胀阀后的压力降为 1 014. 8 kPa, 其中膨胀阀压降 970. 6 kPa 占总压降的 95. 6%, 室内外机连接管(液管)压降 7. 3 kPa 占总压降的 0. 7%。因此液管的压降很小, 膨胀阀

起了绝大部分的节流作用; 阀后至蒸发器出口的压降为 358.2 kPa 这表明制冷剂在阀后仍处于节流状态, 其中分液器起了相当的节流作用. 制冷剂出蒸发器至压缩机的压降为 48.5 kPa 其中室内外机连接管 (气管) 及气液分离器压降 39.5 kPa 占总压降的 81.4%, 四通阀及气液分离器的压降为 9.5 kPa 占总压降的 19.6%, 室内外机连接管 (气管) 的压降成为低压部分压降的主要因素, 其压降相当于压缩机吸气压力对应饱和温度降低了 2.3℃, 利用压缩机性能计算软件进行计算, 其影响将使压缩机制冷量降低 8.4%. 在温

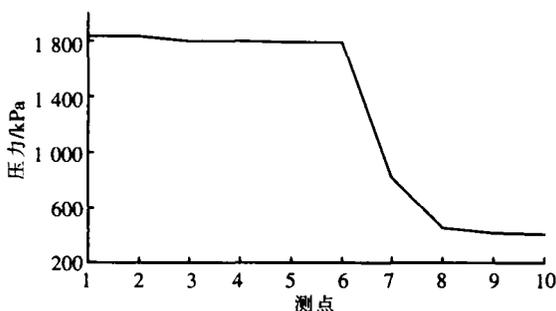


图4 压力变化状态图  
Fig.4 Pressure change diagram

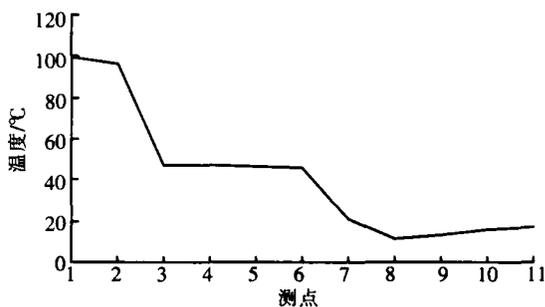


图5 温度变化状态图  
Fig.5 Temperature change diagram

度变化方面, 从压缩机排气至冷凝器进口, 温度降低 2.4℃, 冷凝器出口产生了 1.7℃的过冷, 膨胀阀前过冷度为 2.4℃, 蒸发器出口的过热度为 8.4℃, 蒸发器出口至压缩机进口温升为 5.1℃, 使得吸气过热度达 16.3℃, 在 5.1℃的温升中, 管道温升为 1.5℃, 四通阀温升为 2.7℃, 在以上温度条件下, 机组无吸气带液现象. 根据机组的实际运行参数反映的压缩机工作点如图 6 所示, 这表明压缩机在安全范围内运行, 且对于环境温度升高而造成压缩机工况的变化有较大的适应性. 机组在标称制冷工况下运行的性能系数为 2.57, 达到 GB/T18836-2002 规定的要求.

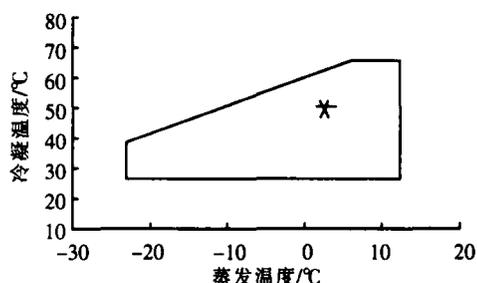


图6 压缩机的运行状态点  
Fig.6 Operating point of compressor

### 3 结论

通过对风管送风式空调 (热泵) 机组在标称制冷工况下运行状态的全面测试, 掌握了机组的运行特征, 机组的总体工作状态在正常范围, 进一步改进机组性能, 提高机组效率的途径如下:

- (1) 控制蒸发器出口过热度, 充分发挥换热器的作用;
- (2) 注意室内外机连接管对机组性能的影响, 在液管段, 注意节流元件与管道压降及分液器压降的匹配; 在气管段, 注意低压部分压降对压缩机吸气压力的影响;
- (3) 控制压缩机吸气过热度以降低压缩机排气温度;
- (4) 进一步改进室外侧换热器设计, 进一步降低排气压力, 以使机组性能得到进一步提高.

#### [参考文献] (References)

[1] 陈伟, 沈伟刚. 风管式家用中央空调在普通家庭的应用方案探讨 [J]. 供热制冷, 2003(3): 57- 60  
Chen Wei, Shen Weigang. Application research of duct type central air-conditioning system in residence [J]. Heating and Refrigeration, 2003(3): 57- 60 (in Chinese)

[2] 程向东. 户式中央空调设计与分析 [J]. 武汉科技学院学报, 2006, 19(10): 12- 14  
Cheng Xiangdong. An air-conditioning system design for tokyomobile [J]. Journal of Wuhan University of Science and Engineering, 2006, 19(10): 12- 14 (in Chinese)

[3] 蔡卫东, 刘桂平, 李斌. 家用小型中央空调研究进展与应用展望 [J]. 制冷, 2003, 22(4): 31- 35  
Cai Weidong, Liu Guiping, Li Bin. Investigation on the development and application perspective of residential central air conditioning units [J]. Refrigeration, 2003, 22(4): 31- 35 (in Chinese)

- [4] 李浙. 管道式分体空调机在中小型商场的应用 [J]. 建筑热能通风空调, 2001(5): 33-36  
Li Zhe. Application of ducted split air conditioners in small/medium-scale markets [J]. Building Energy and Environment 2001(5): 33-36 (in Chinese)
- [5] 黄章星, 黄成根. 厦门国际会展中心空调通风工程 [J]. 暖通空调, 2002, 32(2): 67-69.  
Huang Zhangxing Huang Chenggen. Ventilation and air conditioning system design of Xiamen international convention and exhibition centre [J]. HV and AC, 2002, 32(2): 67-69. (in Chinese)
- [6] 陈金花, 陈刚. 上海明珠大酒店中央空调工程设计 [J]. 南华大学学报, 2005, 19(3): 40-44.  
Chen Jinhua Chen Gang. Central air conditioning system design for Mingzhu hotel of Shanghai [J]. Journal of Nanhua University Science and Technology, 2005, 19(3): 40-44. (in Chinese)
- [7] 王欢, 杨素云. 高层建筑餐厅夏季空调方式比较 [J]. 暖通空调, 2005, 35(4): 70-81.  
Wang Huan, Yang Suyun. Comparison of air conditioning modes in summer for restaurants in high-rise buildings [J]. HV and AC, 2005, 35(4): 70-81. (in Chinese)
- [8] 赵淑珍. 公共厨房通风空调设计探讨 [J]. 天然气与石油, 2001, 19(4): 60-61.  
Zhao Shuzhen. Discussion about the ventilation and air conditioning system design for shared kitchen [J]. Natural Gas and Oil, 2001, 19(4): 60-61. (in Chinese)
- [9] 罗汉新. 变制冷剂流量多联空调系统新风处理方式的讨论 [J]. 制冷与空调, 2003(3): 18-19.  
Luo Hanxin. The discussion of fresh air handling methods in variable refrigerant flow air conditioning system [J]. Refrigeration and Air-conditioning, 2003(3): 18-19. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国国家标准. GB/T 18836-2002 风管送风式空调(热泵)机组 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.  
National Standard of the People's Republic of China. GB/T 18836-2002 Ducted air-conditioning (heat pump) units [S]. Beijing: the Standard Press of China, 2002. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

## 南师大动力工程学院参与研制的“全新风风管送风式空调(热泵)机组” 获 2006 年度中国制冷学会科学技术进步三等奖

2007 年 4 月 25 日在北京中央电视台梅地亚中心举行的中国制冷学会六届理事大会暨中国制冷学会成立 30 周年庆祝大会上, 举行了 2006 年度中国制冷学会科学技术奖颁奖仪式. 南京师范大学动力工程学院黄虎、余跃进等老师与江苏知名通风设备有限公司合作研制的“全新风风管送风式空调(热泵)机组”荣获 2006 年度中国制冷学会科学技术进步三等奖, 项目主持人也同时荣获“中国制冷学会先进工作者”光荣称号.

中国科协书记处书记冯长根、原商业部副部长中国制冷学会理事长何济海分别为获奖者颁奖. 江苏省制冷学会理事长吴伯宁厅长率团参加了颁奖仪式.



该项目于 2004 年 8 月签订合同立项, 2005 年底产品正式投产. 经过省科技厅组织的专家鉴定, 该产品达到国际同类产品先进水平, 目前已为企业带来近千万元的效益.

(余跃进)