

文章编号:0253 – 4339(2018) 03 – 0109 – 05
doi:10. 3969/j. issn. 0253 – 4339. 2018. 03. 109

地下室变风量恒温恒湿空调机组的研制与性能

翁文兵 李树峰 王少卿

(上海理工大学环境与建筑学院 上海 200093)

摘 要 本文针对地下室高热高湿的环境特点,研制了变风量恒温恒湿空调机组,对样机进行了机组性能实验及模拟地下室热湿环境的机组运行实验。设计了一套智能化模拟负荷发生器,在给定热湿负荷情况下,研究机组热湿负荷独立处理能力与运行特性。结果表明:机组循环风机的变风量可以调节机组的显热与潜热处理能力,机组热湿独立处理能力较好,误差在 5% 左右,可以定潜热变显热和定显热变潜热运行,房间温湿度控制效果良好,温度波动 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度波动 $\pm 3\%$ 。
关键词 恒温恒湿空调;串级控制;变风量运行;冷凝热回收;性能测试
中图分类号:TB61⁺1; TB663; TU831 **文献标识码**: A

Development and Performance Study of VAV Constant Temperature and Humidity Unit Housed in a Basement

Weng Wenbing Li Shufeng Wang Shaoqing

(School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093, China)

Abstract According to the characteristics of high temperature and humidity in a basement, a variable air volume (VAV), constant temperature and humidity unit was manufactured and investigated experimentally. Two sets of experiments were carried out on a prototype, namely, a unit performance test and an operation test, to simulate the thermal environment of a basement. An intelligent load simulator was designed to generate the required sensible and latent load, and the independent handling capacity to sensible and latent load and operation characteristics of the unit were studied. The results show that the sensible heat and latent heat handling capacity of the unit can be regulated based on the variable air volume, and the heat and moisture can be processed almost independently with an error of about 5%. The unit can operate under fixed sensible heat and a change latent heat, or fixed latent heat and a change sensible heat. The room temperature and humidity can be controlled very well with a temperature fluctuation $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity fluctuation $\pm 3\%$.
Keywords constant temperature and humidity air conditioner; cascade control; VAV operation; condensation heat recovery; performance test

近年来,地下室的建造数量越来越多,其室内热湿环境的控制成为能否利用的限制条件^[1-3]。通常采用除湿机对地下室的湿度进行有效控制,但其功能单一而无法对室内温湿度同时进行处理。因此,对地下室恒温恒湿空调的研究尤为重要^[4]。F. Ascione 等^[5]利用除湿转轮搭建了用于博物馆的恒温恒湿空调系统,相较于传统系统具有明显的节能效果。Zhu Weifeng 等^[6]研究了在热泵驱动下的液体除湿系统。Xiong Z. Q. 等^[7]为了提高溶液除湿系统的效率,提出了二级液体干燥除湿系统。Liang C. H. 等^[8]建立了采用全热回收的独立新风除湿系统。李申等^[9]采用热湿独立控制装置和 PID 分程控制方法,研制了一套恒温恒湿空调系统。

目前市场上大多数的恒温恒湿空调机组都属于常规机组,能耗较高,真正能实现既节能又变热湿比的恒温恒湿空调机组很少,尤其在热湿独立处理能力方面还有不足^[10-11],因此变风量恒温恒湿空调机组的研发也能够填补这一市场空白。

1 变风量变频恒温恒湿空调机组

1.1 机组工作原理

本文研究的新型变风量恒温恒湿空调机组采用传统的逆卡诺循环原理,循环风机采用变风量风机,压缩机采用直流变频压缩机,同时利用冷凝热回收,设计原理如图 1 所示。

变风量机组制冷循环工作过程为:制冷剂被直

焓差的乘积确定空调机组的热湿处理能力。

2.2 实验装置

实验在焓差室里进行,实验室采用拼装库板结构型式,由隔墙将其分为室内机测试房间和室外机测试房间两部分。焓差室平面布置如图 5 所示。

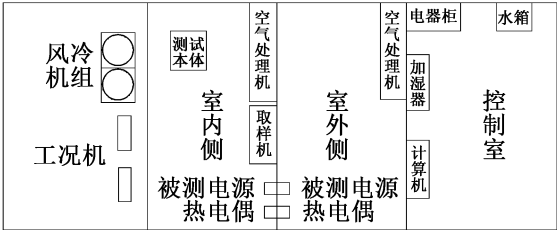


图 5 焓差室
Fig.5 Enthalpy difference chamber

焓差室的控制测量系统由数字功率表、数据采集仪及相关一次仪表组成,采用美国惠普 HP34 970 A 数据采集仪采集相关温度、湿度、压力及热电偶信号。所有测量控制仪表通过通讯方式与计算机相连,控制参数可由计算机设定,也可以通过仪表面板设定。在数据采集集中:采用温湿度控制面板对室内空气干球温度和相对湿度进行测量;采用 E + E 温湿度传感器对空调机组出口处空气干球温度和相对湿度进行测量;采用 Pt100 铂电阻对压缩机吸排气温度、内盘温度、外盘温度等进行测量;通过转接线 RS485 将数据采集装置与电脑相连,通过 Labview 程序对实验数据进行实时监控与采集,并将实验数据导出,数据的采集时间间隔可自行设定。

2.3 实验工况

本文主要进行了机组热湿负荷独立处理性能实验和房间温湿度控制实验。机组热湿负荷独立处理能力是本样机设计的突出特点,通过编写相应控制程序,可以实现机组在不同进出风情况下,机组对显热和潜热分别独立处理的能力。机组显热与潜热处理能力设定值如表 1 所示。

表 1 机组显热与潜热处理能力设定值
Tab.1 Setting values of the unit sensible heat and latent heat treatment capability

参数	工况 1	工况 2	工况 3
潜热处理能力/W	1 200	1 400	1 400
显热处理能力/W	800	800	1 200

房间温湿度控制实验主要测试机组在模拟热负荷与湿负荷的条件下室内温湿度是否能稳定在房间设定值(名义工况干球温度为 23℃,湿球温度为

17℃),模拟工况如表 2 所示。

表 2 模拟工况
Tab.2 Simulation conditions

工况点	热负荷/W	湿负荷/W
高热高湿	1 200	1 800
中热中湿	1 000	1 200
低热低湿	600	800

3 变风量恒温恒湿空调机组的实验结果与分析

3.1 机组热湿负荷独立处理能力分析

实验室测试机组是否能达到所设定的显热与潜热处理能力。根据地下室高湿特点,在高湿进风状态(干球温度为 27℃,湿球温度为 22℃)下测试机组对潜热与显热的处理能力。如表 1 所示,设定 3 种工况下的潜热及显热处理能力,机组运行测试情况如图 6 所示。

由图 6(a)可以看出,当进风干球温度为 27℃,湿球温度为 22℃时,在机组运行 30 min 后,稳定在机组所能提供的潜热处理能力(1 200 ± 60)W 和显热处理能力(800 ± 40)W 附近,与设定值相比误差在 5% 左右。由此可见,机组对热湿负荷的处理能力效果明显。

由图 6(b)可知,机组运行 30 min 后,最终稳定在潜热处理能力(1 400 ± 60)W,显热处理能力(800 ± 40)W。可见机组的潜热与显热处理能力效果显著,且控制效果良好。

由图 6(c)可以看出,机组的热湿处理能力在运行时间约 30 min 后趋于稳定,最终稳定在设定值范围内,且波动不大,潜热波动范围为 ± 60 W,显热波动范围为 ± 40 W。

综上所述,机组的显热与潜热处理能力先逐渐变大,12 min 后稍微减小,12 ~ 26 min 时稍有波动,30 min 后基本趋于平稳,都能达到设定的显热与潜热。说明机组处理效果显著,控制能力良好。

3.2 房间温湿度控制实验分析

图 7 所示为当室内热湿环境为热负荷 1 200 W,设定干球温度为 23℃,相对湿度为 55%,湿负荷分别为 1 600 W 和 1 400 W 时机组的运行状态。

由图 7(a)可知,机组运行 30 min 后基本达到稳定,干球温度稳定在(23 ± 0.2)℃,相对湿度稳定在(55 ± 3)%。所以,机组在热湿模拟环境中对房间的温湿度控制情况良好。

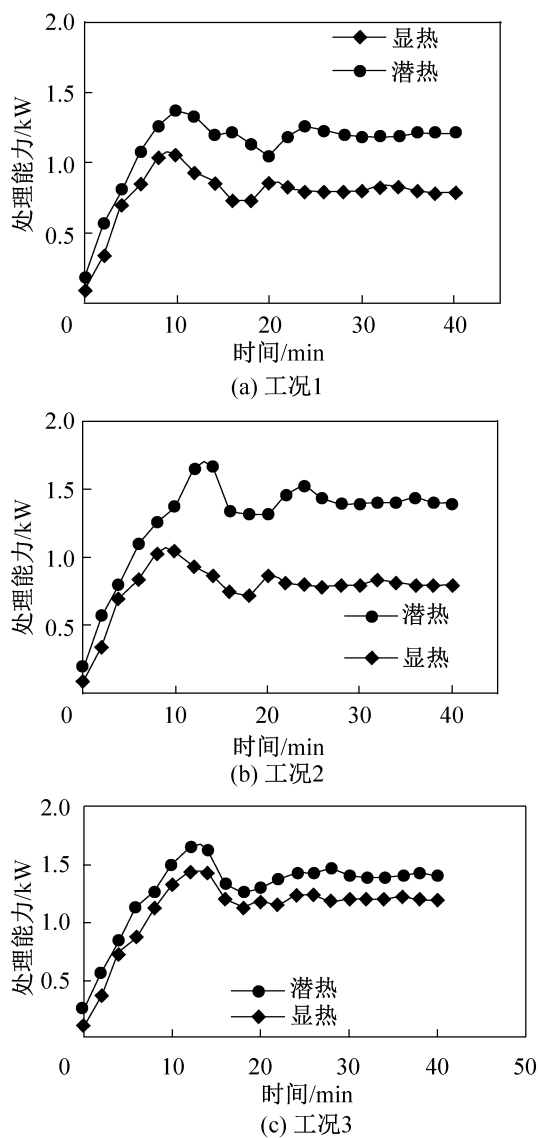


图6 不同工况下机组热湿处理能力随时间的变化
Fig.6 Variation of the unit heat and humidity treatment capacity with time under different conditions

由图7(b)可知,机组运行30 min后基本达到稳定,干球温度稳定在 $(23 \pm 0.2)^\circ\text{C}$,相对湿度稳定在 $(55 \pm 3)\%$ 。所以,机组在热湿模拟环境中对房间温湿度控制情况良好,运行稳定。

综上所述,机组在地下室热湿环境中能很好的控制房间的热湿环境,机组控制的温度误差在 0.2°C 左右,相对湿度误差在3%左右。

4 结论

本文在实验室的现有条件下,模拟地下室热湿环境(干球温度为 23°C ,相对湿度为55%),采用焓差法测试原理进行了变风量恒温恒湿空调机组的相关性能实验,实验结果表明机组对房间的控制效果良好,房间干球温度波动范围为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$,相对湿度波

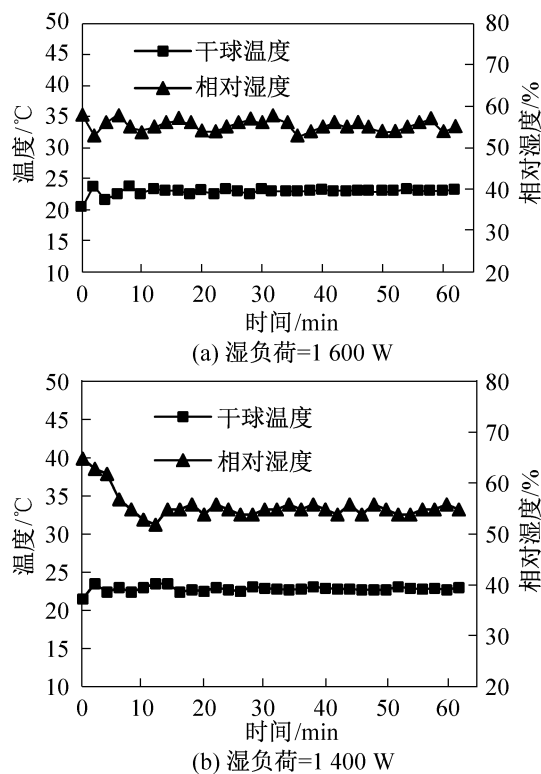


图7 室内干球温度和相对湿度随时间的变化
Fig.7 Variation of indoor dry bulb temperature and relative humidity with time

动范围为 $\pm 3\%$ 。本研究为该类型机组的后续研发过程提供稳定的数据基础,但是若要实现机组从研发到实际应用,使机组具备稳定、持续、适应性强的特点,还需进一步深入的研究。

参考文献

- [1] 张鹏飞,罗清海,王衍金. 衡阳市地下空间热湿环境分析[J]. 环境与卫生工程, 2011, 19(6):1-3. (ZHANG Pengfei, LUO Qinghai, WANG Yanjin. Temperature and humidity in underground space of Hengyang[J]. Environmental Sanitation Engineering, 2011, 19(6):1-3.)
- [2] 赵景伟. 城市化进程中的人居环境与地下空间利用[J]. 隧道建设, 2008, 28(2):154-157. (ZHAO Jingwei. Human settlement environment and underground space utilization in the process of urbanization[J]. Tunnel Construction, 2008, 28(2):154-157.)
- [3] 刘红冰,翁文兵,刘慧君. 节能型恒温恒湿空调机组的解耦控制研究[J]. 流体机械, 2013, 41(8):2-5. (LIU Hongbing, WENG Wenbing, LIU Huijun. Study on decoupling control of energy efficient constant temperature and humidity air conditioning unit[J]. Fluid Machinery, 2013, 41(8):2-5.)
- [4] 邱育群,邱肇光. 高精度恒温恒湿空调的研发及试验[J]. 制冷与空调(北京), 2006, 6(3):82-83. (QIU Yu-qun, QIU Zhao-guang. Research and experiment of high precision constant temperature and humidity air conditioning unit[J]. Refrigeration and Air Conditioning (Beijing), 2006, 6(3):82-83.)

- qun, QIU Zhaoguang. Research and development and the experiment confirmation of high accuracy constant temperature and humidity air conditioning[J]. Refrigeration and Air-conditioning, 2006, 6(3):82-83.)
- [5] ASCIONE F, BELLIA L, CAPOZZOLI A, et al. Energy saving strategies in air-conditioning for museums[J]. Applied Thermal Engineering, 2009, 29(4):676-686.
- [6] ZHU Weifeng, LI Zhongjian, LIU Sheng, et al. In situperformance of independent humidity control air-conditioning system driven by heat pumps[J]. Energy and Building, 2010, 42(10):1747-1752.
- [7] XIONG Z Q, DAI Y J, WANG R Z. Development of a novel two-stage liquid desiccant dehumidification system assisted by CaCl_2 solution using analysis method[J]. Applied Energy, 2010, 87(5):1495-1504.
- [8] LIANG C H, ZHANG L Z, PEI L X. Independent air dehumidification with membrane-based tatol heat recovery: Modeling and experimental validation[J]. International Journal of Refrigeration, 2010, 33(2):398-408.
- [9] 李申,沈嘉,张学军,等. 恒温恒湿空调系统的优化控制与性能模拟[J]. 制冷学报, 2012, 33(1):22-25. (LI Shen, SHEN Jia, ZHANG Xuejun, et al. Optimum control strategy and performance simulation of a constant temperature and humidity air-conditioning system[J]. Journal of Refrigeration, 2012, 33(1):22-25.)
- [10] 白建波,张小松,李舒宏,等. 基于 RS-485 总线的高精度恒温恒湿空调控制系统[J]. 电气传动, 2005, 35(8):44-46. (BAI Jianbo, ZHANG Xiaoxong, LI Shuhong, et al. Control system based on RS-485 bus for constant temperature and humidity air-conditioning with high precision[J]. Electric Drive, 2005, 35(8):44-46.)
- [11] 张旭,韩星. 户式热湿分控空调机组设计与性能实验研究[J]. 制冷学报, 2011, 32(2):1-8. (ZHANG Xu, HAN Xing. Design and performance test of household heat and humidity control air conditioning unit[J]. Journal of Refrigeration, 2011, 32(2):1-8.)

通信作者简介

李树峰,男,硕士研究生,上海理工大学环境与建筑学院,13122765520,E-mail:1139606370@qq.com。研究方向:低温辐射,空调系统自动控制技术。

About the corresponding author

Li Shufeng, male, master degree candidate, University of Shanghai for Science and Technology, +86 13122765520, E-mail: 1139606370@qq.com. Research fields: low temperature radiation and automatic control technology for air conditioning system.