

## 室内湿度对多联机空调性能的影响研究

孙福杰<sup>1</sup>, 施志钢<sup>1</sup>, 陈卫星<sup>2</sup>, 梁爱云<sup>2</sup>, 韩 飞<sup>2</sup>

(1. 青岛理工大学 环境与市政工程学院, 青岛 266033; 2. 海信日立空调系统有限公司, 青岛 266000)

**摘要:**通过运用焓差试验室对某品牌多联机空调机组进行试验,测试在相同室外温度、相同室内干球温度、不同室内湿球温度下多联机空调机组的各种性能参数变化情况,并且对其制冷量、能效、耗电、潜热显热量、潜热显热比、除湿量等进行了对比分析.试验结果表明:室内温度相同的情况下,室内相对湿度从 35% 增加到 75%,机组制冷量增加了 21.02%,耗电量增加了 6.23%,能效增加了 13.97%;当室内相对湿度小于 35% 的时候,机组能力全部靠显热来提供;在湿度较高和较低的情况下可以通过改变系统的控制方式来改变压缩机的运行频率,降低功耗,实现节能.

**关键词:**多联机空调;湿球温度;相对湿度;潜热显热比;制冷量

中图分类号:TU-86 文献标志码:A 文章编号:1673-4602(2018)01-0075-05

## Effect of indoor humidity on the performance of VRF air conditioning

SUN Fu-jie<sup>1</sup>, SHI Zhi-gang<sup>1</sup>, CHEN Wei-xing<sup>2</sup>, LIANG Ai-yun<sup>2</sup>, HAN Fei<sup>2</sup>

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, China;  
2. Qingdao Hisense Hitachi Air Conditioning Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

**Abstract:** The VRF(variable refrigerant) air-conditioning unit of a brand is on test in enthalpy difference laboratory, and the tests of various performance parameters of VRF air-conditioning unit under the same outdoor temperature, same indoor dry bulb temperature and different indoor wet bulb temperature are carried out; and the cooling capacity, energy efficiency, power consumption, latent heat sensible heat, latent heat sensible heat ratio, the amount of dehumidification are compared. The experimental results show that under the same indoor temperature, the indoor relative humidity increases from 35% to 75%, with unit cooling capacity increased by 21.02%, power consumption increased by 6.23%, energy efficiency increased by 13.97%. All the crew ability is provided by the sensible heat when indoor relative humidity is less than 35%. In the case of high and low humidity, the operation of the compressor frequency can be controlled by changing the control mode to reduce the power consumption and achieve energy saving.

**Key words:** air conditioning; wet bulb temperature; relative humidity; latent heat; cooling capacity

收稿日期:2016-09-27

作者简介:孙福杰(1992-),男,山东鄄城人.硕士,研究方向为建筑及列车空调节能技术. E-mail:sunfujie2011@163.com.

在日常生活中,多联机 VRV<sup>[1-2]</sup> 空调对人类的室内环境起着非常重要的作用,不管是在炎热的夏季还是寒冷的冬季. 目前的研究多集中在很多空调制冷部件的研究,通过它们的性能提高来增加制冷效率,实现节能,而对于空调器所处的环境条件的变化,尤其是单一因素的变化对空调器性能的影响却研究得很少,而且研究大多集中在家用空调,所以对多联机空调的研究变得尤为重要. 众所周知,我国南北方环境差距较大,尤其是在湿度方面,南方较潮湿,北方较干燥,不同的室内湿度环境下,空气含湿量不同,这样会导致空气的换热系数和比热容不同,影响传热效果,从而对多联机空调的性能产生一定的影响<sup>[3]</sup>. 此外,室内相对湿度不仅对空调能耗的影响十分明显,而且其大小也严重影响到人体的舒适性<sup>[4-6]</sup>,当室内湿度在 40%~60% 范围内时人体的热感觉是最舒适的<sup>[4,7-8]</sup>. 所以本文主要针对在不同环境湿度的情况下,研究多联机空调能力的变化以及各种空调参数的分析.

## 1 试验对象

本试验选择某品牌多联机空调机组,制冷剂为 R410a. 试验平台在焓差实验室,如图 1 所示,原理简图如图 2 所示,测试仪器有干湿球温度计、热电偶,数据采集软件.

## 2 试验方案

本试验选择在焓差实验室中进行,试验工况如表 1 所示,室外干球温度 35 °C,室内干球温度为 27 °C,湿球温度为 16.7 (35%)~23.5 °C (75%),相对湿度每增加 5% 进行 1 次试验,试验过程中调整压缩机的运行频率为 95 Hz,室外电子膨胀阀全开,室内机过热度为 0 °C. 因为室外电子膨胀阀全开后可以有效提高冷媒的系统循环量,室内机过热度调为 0 °C 可以使冷媒完全蒸发吸收更多的热量,而且冷媒经过气液分离器后可将冷媒液体和气体分离,然后进入压缩机. 两者都能提高机组的制冷量和能效,这样可以使机组更好地发挥能力,使试验数据更加贴近现实. 试验数据运行稳定后,记录在相同干球温度不同湿球温度的情况下,机组的制冷量、能效、显热潜热量等空调参数.

## 3 试验结果对比分析

### 3.1 制冷量与耗电对比

在表 1 中每个工况条件下机组运行参数稳定后,记录机组的制冷量和耗电,机组的制冷量与耗电随着室内相对湿度的变化如图 3、图 4 所示.

从图 3、图 4 可以看出,在室内干球温度为 27 °C 不变的情况下,机组的制冷量和耗电都随着室内相对湿度的增加而增加,而且呈线性相关关系. 室内相对湿度从 35% 增加到 75%,机组制冷量增加了 21.02%,耗电量增加了 6.23%.

室内相对湿度越低,空调运行功耗越低. 在室内相对湿度偏低的情况下,制冷量也偏低,适当降低相对

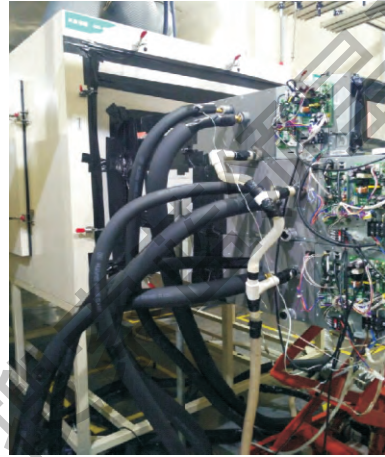


图 1 试验平台

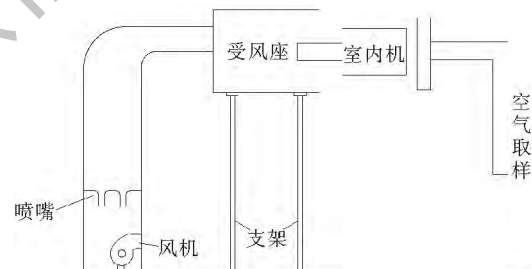


图 2 试验原理简图

表 1 试验工况

室外干球 温度/°C	室内干球 温度/°C	室内湿球 温度/°C	室内相对 湿度/%
35	27	23.5	75
35	27	22.7	70
35	27	21.9	65
35	27	21.1	60
35	27	20.3	55
35	27	19.4	50
35	27	18.6	45
35	27	17.6	40
35	27	16.7	35

湿度可以提高显热量,实现快速降温.

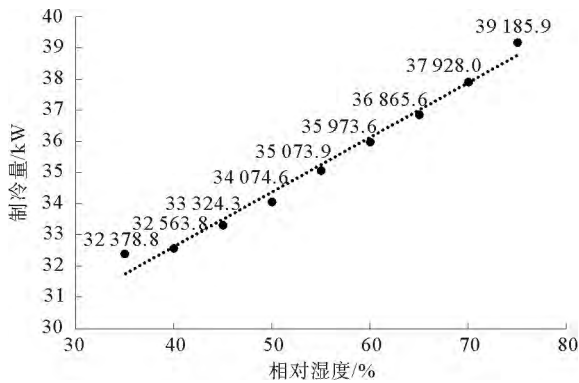


图 3 不同湿度下多联机机组的制冷量

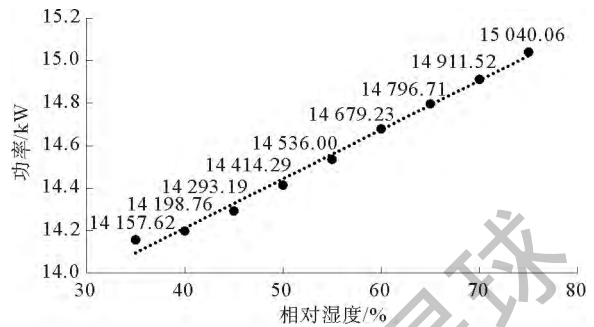


图 4 不同湿度下多联机机组的功率

### 3.2 能效对比

从表 2 可以看出,随着室内相对湿度的减小,能效比是越来越小的,当室内湿度在 40% 以下时,能效比几乎不变了.

表 2 能效对比

相对湿度/%	75	70	65	60	55	50	45	40	35
能效	2.61	2.54	2.49	2.45	2.41	2.36	2.33	2.29	2.29

### 3.3 显热量潜热量对比

从图 5、图 6 中可以看出,随着室内相对湿度的变化机组的潜热显热量也是呈现线性相关变化的,显热量  $y = -35878x + 44578, R^2 = 0.9974$ ; 潜热量  $y = 53312x - 18904, R^2 = 0.9992$ . 显热百分比  $y = -136.61x + 146.71, R^2 = 0.9963$ ; 潜热百分比  $y = 136.61x - 46.711, R^2 = 0.9963$ . 室内相对湿度越高,机组显热量越低,潜热量越高;室内相对湿度越低,机组显热量越高,潜热量越高. 分析原因是当相对湿度减小时,室内空气的焓值就会减小,含湿量和蒸发温度也会下降,蒸发器壁面周围饱和空气边界层的空气焓值也会相应减小,但相对于入口空气焓值而言,受风室内蒸发器壁面空气焓值减小的幅度较小,所以全热交换和潜热交换的推动力相应减小,制冷量和潜热量最终会减小. 因为室内干球温度不变,入口空气温度不变,蒸发器壁面温度下降,导致两者温差增大,所以显热交换的推动力增大,显热量增大.

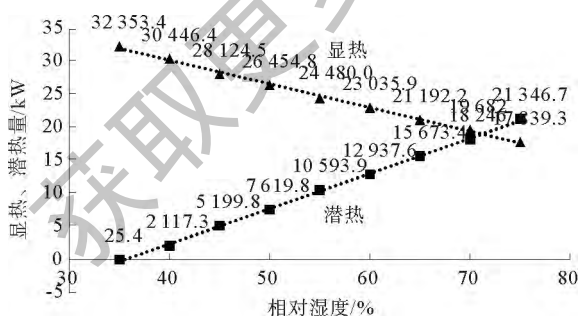


图 5 不同湿度下多联机机组的显热潜热量

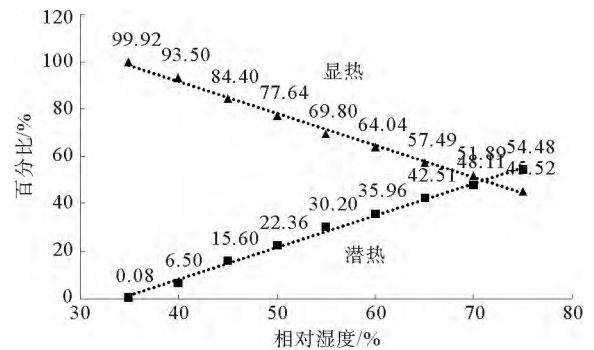


图 6 不同湿度下多联机机组的显热潜热百分比

图 5、图 6 也给出了显热潜热比随着室内相对湿度的变化而变化的情况,显热比随着相对湿度的增加而减小,潜热比相反. 相对湿度每增加 5%, 显热比和潜热比变化 6% 左右, 然后逐渐减小. 当室内相对湿度达到 35% 左右的时候, 机组潜热量几乎为 0, 说明机组已经不具备除湿能力了, 而显热量却达到了 99.92%, 说明机组的制冷量几乎完全靠显热来提供. 而当相对湿度达到 70% 左右的时候, 两者平衡.

从图 5、图 6 中还可以看出,当室内相对湿度达 75% 时(对应的空气露点温度为 22.3 °C 左右),实测机组吹出干球平均温度在 18.07 °C 左右,此温度对用户来说比较舒适,而且机组达到了降温除湿的目的.而当室内相对湿度为 35% 的时候(对应的空气露点温度为 10 °C 左右),实测机组吹出干球温度为 11.97 °C 左右,此温度较低,未达到舒适区范围,对于用户来说有吹冷风感,此出风温度也没有达到露点温度,机组除湿效果不明显.但是室内相对湿度从 35% 增加到 75% 的时候机组耗功量只增加了 6.23%,说明在相对湿度较低时机组除湿不明显而且耗功相对较高,这样必然会造成耗功的浪费.所以可以在控制上进行改善,在室内相对湿度较高的时候通过提升压缩机频率,增加冷媒循环量,降低出风温度,来实现降温除湿;在室内相对湿度较低的时候通过降低压缩机频率来实现只降低室内温度,降低功耗,实现节能.

### 3.4 除湿量对比

从图 7 可以看出,随着室内空气相对湿度的增加,机组除湿量逐渐增加,湿度从 35% 升高到 75%,除湿量增加了 752.5%;当室内相对湿度降低到 35% 以内时,空调机组基本上不除湿了.

## 4 空调参数的预测

通过对本机组全室运行的数据结果拟合,可以得出在相同室外温度和相同室内干球温度不同室内湿球温度条件下,多联机空调机组的运行参数随着室内湿度变化而变化的关系式如表 3 所示.

通过表 3 的运行参数变化分析,可以有效地计算出此多联机空调在不同湿度下机组的制冷量和耗功等参数,对于机组的开发阶段控制模式上的改变以及合理的室内除湿等方面有一定的参考作用.

## 5 结论

- 1) 室内温度相同的情况下,室内相对湿度从 35% 增加到 75%,机组制冷量增加了 21.02%,耗功量增加了 6.23%,机组能效增加了 13.97%.
- 2) 得出此多联机空调全室运行下各种空调参数随不同室内湿度下变化的拟合关系式,可以通过关系式进行推算此多联机空调全室运行下的空调参数.
- 3) 当室内相对湿度小于 35% 的时候,机组潜热量为 0,机组能力全部靠显热来提供.
- 4) 可以在控制上进行改善压缩机的运行频率,在室内相对湿度较高的时候通过提升压缩机频率,增加冷媒循环量,降低出风温度来实现降温除湿;在室内相对湿度较低的时候通过降低压缩机频率来实现只降低室内温度,降低功耗,实现节能.

### 参考文献:

- [1] 大金(中国)投资有限公司采暖事业部.多联式智能化中央空调系统:大金 VRV III 空调系统[J].上海节能,2010(2):31-34.
- [2] 刘慧泉.VRV 空调系统节能技术研究[J].现代制造,2013(3):71-72.
- [3] 禹旭光,李显英,李永安.多联机空调系统的分析[J].制冷与空调(四川),2014(3):375-378.
- [4] 殷平.空调节能技术和措施的辨识(1):“26 °C 空调节能行动”的误解[J].暖通空调,2009,39(2):57-63.

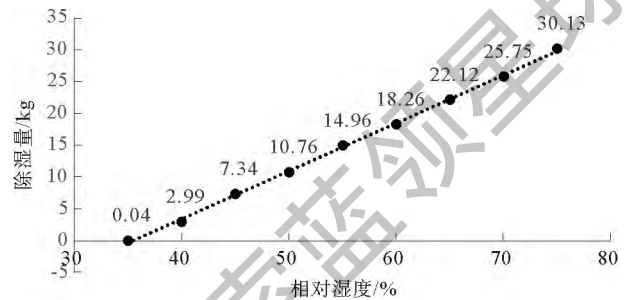


图 7 不同湿度下多联机机组的除湿量变化

表 3 运行参数随着室内湿度变化而变化的关系式

运行参数	关系式	相关系数
制冷量	$y=17434x+25674$	$R^2=0.9831$
功率	$y=2313.3x+13286$	$R^2=0.9915$
显热量	$y=-35878x+44578$	$R^2=0.9963$
潜热量	$y=53312x-18904$	$R^2=0.9992$
显热比	$y=-136.61x+146.71$	$R^2=0.9963$
潜热比	$y=136.61x-46.711$	$R^2=0.9963$
除湿量	$y=75.233x-26.673$	$R^2=0.9992$

- [5] FOUNTAIN M, ARENS E, XU T, et al. An investigation of thermal comfort at high humidities[J]. ASHRAE Transactions, 1999, 105(2): 94-103.
- [6] 杨小舟. 湿工况下湿空气进口速度不均匀对换热器性能影响的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
- [7] 张立志. 除湿技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [8] 刘红. 关于一次回风空调机组风量计算及其他[J]. 建筑工程技术与设计, 2014(15): 61-63.

(上接第 59 页)

## 4 结束语

西九水村是胶东半岛乡村聚落的典型代表之一,具有较高的历史文化研究价值. 笔者结合当地的历史与建筑文化对其进行分析研究,总结当地民居建筑形式独特的地域性特征. 然而,随着城市化进程的不断加快,村里年轻人外出打工,加速了古村落的衰败. 笔者希望随着政府对传统乡村聚落保护政策的实施,村民保护意识的不断加强,一些传统的乡村聚落和民居可以受到更好的保护和传承.

参考文献:

- [1] 岳邦瑞. 地域资源约束下的新疆绿洲聚落营造模式研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010.
- [2] 高梅. 齐鲁地域建筑文化的继承与发展[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
- [3] 王龙. 胶东地区传统村落空间形态研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.
- [4] 姜波. 山东民居概述[J]. 华中建筑, 1998(2): 115-116.
- [5] 朱嘉莹, 赵琳, 王润生. 沂南县常山庄村古村落浅析[J]. 青岛理工大学学报, 2014, 35(5): 42-47.