

doi: 10.3969/j.issn.2095-4468.2016.04.104

## 高温多联机空调系统的控制方式研究

武连发\*, 熊建国, 余凯, 罗亚军

(珠海格力电器股份有限公司, 广东珠海 519070)

**[摘要]** 高温多联机(高显热多联机)使用在温湿度独立控制的场合。它只承担显热负荷,可以最大限度地保证机组高效运转、节约能源。研究高温多联机的控制,主要是研究高温多联机的“高蒸发温度控制技术”。高温多联机的蒸发温度控制不同于常规多联机的蒸发温度控制,要结合室内侧空气的露点温度进行控制,同时还要满足用户的显热负荷要求。新型的“高温多联机控制方式”,可以很好地调节压缩机的输出,进而很好地控制室内机的蒸发温度,使室内机显热量占总制冷量的90%以上,达到了室内机只承担显热负荷、不除湿或少除湿的目标。

**[关键词]** 高温;多联机;温湿度独立控制;显热

### Study on Control Method for High Temperature Variable Refrigerant Flow Air-conditioning System

WU Lian-fa\*, XIONG Jian-guo, YU Kai, LUO Ya-jun

(Gree Electric Appliances, Inc of Zhuhai, Zhuhai, Guangdong 519070, China)

**[Abstract]** High temperature variable refrigerant flow (VRF) air-conditioning system (high sensible heat VRF system) is used in the temperature and humidity independent control occasion. It only undertakes the sensible heat load, which can maximally ensure the efficient operation of the unit and energy saving. The study of high evaporation temperature control technology is main content of the control of high temperature VRF system. The control of evaporation temperature of high temperature VRF system must be combined with the indoor air dew point temperature and be satisfied with the sensible heat load requirement, which is different from general VRF system. The new-type high temperature VRF system control method can well regulate the output of compressor, and then control the evaporation temperature of the indoor unit to ensure that the sensible heat quantity of indoor unit reached up to 90% of total cooling capacity. It can reach the target of indoor unit by only undertaking sensible heat load but not dehumidify or less dehumidify.

**[Keywords]** High temperature; Variable refrigerant flow system; Temperature and humidity independent control; Sensible heat

## 0 引言

近些年,国内能源供需矛盾突出,尤其是制冷季节,部分地区甚至出现“拉闸”限电的现象<sup>[1]</sup>。对于大中型公用场合,空调设备能耗高达商场或办公场地能耗的40%~60%<sup>[2]</sup>。空调能耗占全国消耗电

力的15%<sup>[3]</sup>。空气源热泵利用部分电能,采用制冷压缩循环,空气源热泵仅从环境中提取热量<sup>[4-5]</sup>,更好节能。

目前常规空调系统,降温与除湿同时进行。而实际上降温所需的冷源温度明显高于除湿所要求的冷源温度,而且此种处理方式很难满足建筑室内

\*武连发(1981-),男,工程师,学士。研究方向:多联机的系统节能与产品研发。联系地址:珠海前山金鸡西路格力电器股份有限公司商技二部,邮编:519070。联系电话:0756-8522388。E-mail:lianfawu@sina.com。

基金项目:国家科技支撑计划课题(No.2014BAJ02B01)。

空气温度与湿度同时变化的需求<sup>[6]</sup>。温湿度独立控制空调系统<sup>[7]</sup>将温度与湿度分开处理，可以很好地解决上述空调问题，能够有效提高空调系统的能效，温湿度独立控制系统与常规空调系统比较节能25%到40%<sup>[8]</sup>。多联机集合了一拖多、智能控制、节能和网络控制等多种高新技术，能满足消费者对舒适性、方便性等方面的要求。与传统空调相比，多联机具有节能、安装灵活、节省空间等优点，得到迅速发展<sup>[9-10]</sup>，而且设计、安装、运行及维护管理更为简单、方便<sup>[11]</sup>。多联机空调系统目前已经成为中小型商用建筑和住宅建筑中最为活跃的中央空调系统形式之一<sup>[12-13]</sup>。而高温多联机（高显热多联机）可以作为温湿度独立控制系统中只处理显热负荷的空调设备。

高温多联机使用在温湿度独立控制的场合，在建筑负荷中，只承担显热负荷，湿负荷由另外的除湿设备承担，这样可以最大限度的保证机组高效运转，节约能源。这要求高温多联机的控制方式，既要保证能完全承担建筑显热负荷，又不会对空气进行除湿，保证机组高效运转。研究高温多联机的控制，主要就是研究高温多联机的“高蒸发温度控制技术”。对于常规多联机，制冷时，一般是通过控制压缩机的吸气压力，从而控制压缩机的输出，最终间接控制蒸发压力，满足用户的制冷需求。而高温多联机的蒸发温度控制不同于常规多联机的蒸发温度控制，要结合室内侧空气的露点温度进行控制；同时还要满足用户的显热负荷要求。

本文就高温多联机的高蒸发温度控制技术进行相关探讨。

## 1 高温（高显热）多联机概述

高温多联机，也称高显热多联机，是一种不除湿或少除湿、主要承担室内显热负荷的多联机。该系统主要适用于温湿度独立控制的场所。

使用高温多联机的温湿度独立控制系统的空气处理过程如图 1。从回风点N处理到送风点S，普通多联机进行的是NS过程，温湿度独立控制系统，先经过除湿过程NM，再经过除显热过程MS，高显热多联机在系统中承担的就是除显热的MS过程<sup>[14]</sup>。

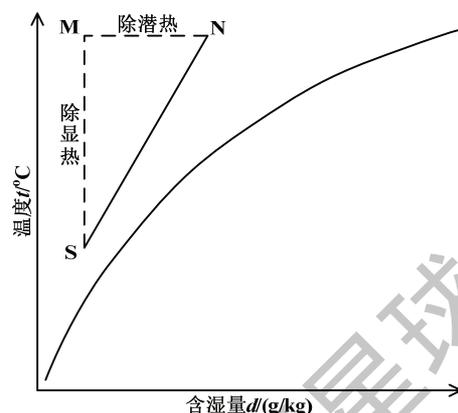


图 1 温湿度独立控制处理空气过程

## 2 高温多联机的控制方式

### 2.1 相对湿度检测与露点温度拟合计算

为了控制室内机只除显热而不除湿或少除湿，首先要检测内机的回风状态，即检测回风的湿度。高温多联机所搭配的内机都安装有湿度传感器，可以实时检测回风的相对湿度。在一些实际工程中存在只采用露点温度计作为露点温度控制中的传感器现象，这是一种概念和认识上的错误<sup>[15]</sup>。该机组采用的湿度传感器，精度为 1.5%到 2.5%，湿敏电阻型号为 HIS-06，可检测湿度范围为 20 到 90%RH（环境温度范围为 0 °C~45 °C）。

为了达到高显热多联机搭配的内机只除显热不除湿或少除湿的目的，需要控制蒸发温度不低于回风的露点温度；因此，系统的蒸发温度控制是关键。根据内机的回风干球温度和相对湿度，可以计算出回风的露点温度，进而通过控制压缩机的输出，间接控制蒸发温度。

露点温度可通过检测的回风干球温度、回风相对湿度，通过拟合公式计算。拟合公式如下：

$$T_L = f(\varphi, t) \\ = 16.208 \times \varphi_4 - 47.054 \times \varphi_3 + 59.355 \times \varphi_2 - 28.489 \times \varphi_1 + t \times (0.146 \times \varphi_3 - 0.428 \times \varphi_2 + 0.5786 \times \varphi_1 + 0.7036) \quad (1)$$

式中：

$T_L$ ——空气露点温度，°C；

$\varphi$ ——空气相对湿度，用湿度传感器检测，%；

$t$ ——空气干球温度，即内机检测到的环境温度，°C。

## 2.2 高温多联机控制方式

研究高温多联机的控制，就是要研究压缩机的能力输出控制是否能很好的控制室内机的蒸发温度，从而实现“不除湿或少除湿，只承担显热负荷”的目的。

而压缩机的输出控制，主要是依据“目标低压”和“实际检测的低压（压缩机的吸气压力）”的差值进行PID控制。

因此，高温多联机的主要控制方式可以用如下公式表述：

$$P_f = f(P_0, P_s) \quad (2)$$

$$P_0 = f(T_L, B) \quad (3)$$

$$T_L = f(T_g, \varphi) \quad (4)$$

式中：

$P_f$ ——压缩机输出，Hz；

$P_0$ ——目标低压，MPa；

$P_s$ ——实际低压，MPa；

$T_L$ ——露点温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$B$ ——室内外机间连接管压损修正，Pa；

$T_g$ ——回风干球温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\varphi$ ——回风相对湿度，%。

高温多联机控制方式示意图如图2所示。

## 3 实验测试

在焓差法试验台进行测试，实验机组为28 kW高温多联室外机和配套4台7.1 kW室内机，连接管长度为50 m。实验台主要参数的测试误差为1.5%。图3是试验台实际装机情况。

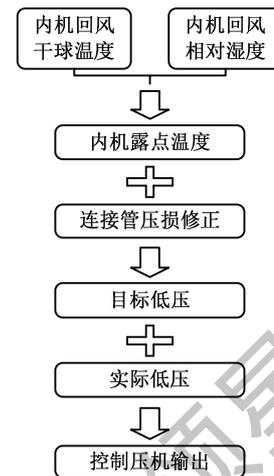


图2 高温多联机控制方式示意图



(a) 室外侧

(b) 室内侧

图3 试验台实际装机情况

此次测试的目的，主要是验证在额定工况下（室内 $27^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ ，室外 $35^{\circ}\text{C}/24^{\circ}\text{C}$ ）室内机负荷不同时，按照高温多联机控制方式，压缩机输出是否满足室内机“不除湿或少除湿，只承担显热负荷”的目标。制定的测试方案如表1。

在压缩机运行稳定后，得到的测试数据见表2。

图4是室内机显热量占比曲线。室内机显热量占总制冷量的90%以上，基本上不除湿。

表1 测试方案

测试工况编号	干球温度/湿球温度/ $(^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C})$	室内机开机负荷	测试时间
工况1	室内 $27/19$ ；室外 $35/-$	开100%室内机	工况稳定后3 h
工况2	室内 $27/19$ ；室外 $35/-$	开50%室内机	工况稳定后3 h
工况3	室内 $27/19$ ；室外 $35/-$	开25%室内机	工况稳定后3 h

表2 测试数据

参数	工况1	工况2	工况3
室内机开机负荷	开100%室内机	开50%室内机	开25%室内机
压缩机频率/Hz	80	42	25
外风机频率/Hz	50	40	27
高压/低压饱和温度/ $^{\circ}\text{C}$	48/8	45/10	44/12
室内侧空气露点温度（计算值）/ $^{\circ}\text{C}$	14.5	14.5	14.5
室内机蒸发器管温/ $^{\circ}\text{C}$	14	13	14
室内机显热量占比/%	97.50	96.00	97.00

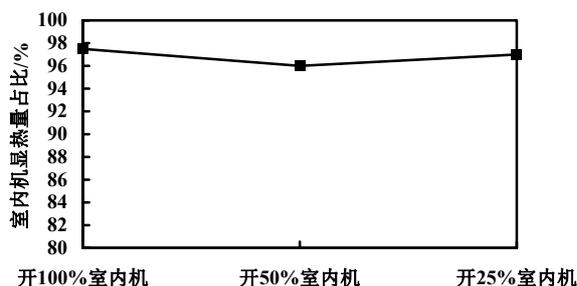


图4 室内机显热量占比曲线

图5是压缩机频率曲线。压缩机频率根据开室内机数量不同以及不同空气环境温度和连接管长度自动调节。

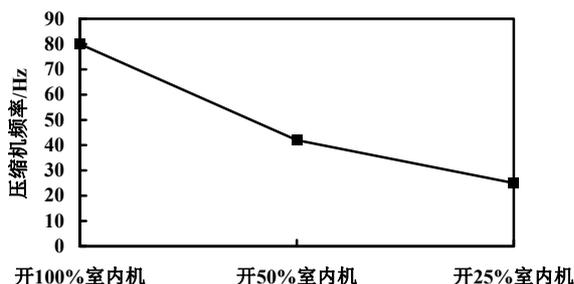


图5 压缩机频率曲线

图6是高压/低压饱和温度曲线。系统高压会随开室内机数量减少而逐渐降低；系统高压会随开室内机数量减少而逐渐升高。低压升高，主要是开室内机数量减少，系统制冷剂循环质量流量也逐渐降低，相应连接管压损也会降低，在目标蒸发温度不变的情况下，目标低压就会相应升高。

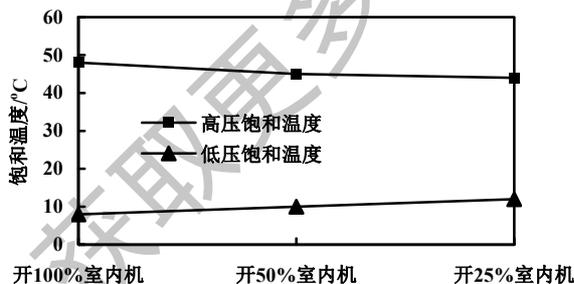


图6 高压/低压饱和温度曲线

## 4 结论

采用新型的高温多联机控制方式，在不同开机负荷工况下，可以很好地调节压缩机的输出，进而很好地控制室内机的蒸发温度；室内机显热量占总制冷量的90%以上，达到了室内机只承担显热负荷、不除湿或少除湿的目标。

### 参考文献：

- [1] 李树云, 代彦军. 大型风冷热泵机组性能实验台节能设计与分析[J]. 制冷技术, 2013, 33(2): 1-5.
- [2] 刘益才, 秦岚. 商用空调多联机系统关键技术发展研究[J]. 建筑热能通风空调, 2004, 23(4): 27-29.
- [3] 孙晓力, 范新, 谢岍. 变容量多联机压缩机技术路线[J]. 制冷与空调, 2007, 7(2): 103-104.
- [4] 杨宁, 苏晓耕. 艾默生环境优化技术有限公司超低温数码涡旋(喷气增焐)技术[C]// 全国暖通空调制冷2006年学术文集, 合肥, 2006: 329-332.
- [5] 刘强, 樊水冲, 何珊. 喷气增焐涡旋压缩机在空气源热泵热水器中的应用[J]. 流体机械, 2008, 36(9): 68-72.
- [6] 张涛, 刘晓华, 赵康, 等. 温湿度独立控制空调系统应用性能分析[J]. 建筑科学, 2010, 26(10): 146-150.
- [7] 刘晓华, 江亿. 温湿度独立控制空调系统[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [8] 刘明, 唐学波. 节能型无凝水风机盘管机组的试验研究[J]. 制冷技术, 2010, 30(1): 6-9.
- [9] 石磊. 数码涡旋与变频技术的对比分析[J]. 制冷技术, 2006, 26(2): 25-31.
- [10] 刘传聚, 郑文. 多联式空调(热泵)机组性能及应用述评[J]. 制冷技术, 2006, 26(4): 7-11.
- [11] 马一太, 王洪利. 多联机空调系统及其能效标准进展[J]. 机械工业标准化与质量, 2008(2): 21-23.
- [12] 邵双全. 复杂管网制冷系统仿真研究[D]. 北京: 清华大学, 2005.
- [13] 彦启森. 论多联式空调机组[J]. 暖通空调, 2002, 32(5): 2-4.
- [14] 余凯, 罗亚军, 熊建国, 等. 一种应用温湿度独立控制技术的多联机研究[J]. 制冷, 2015, 34(2): 28-31.
- [15] 周祖毅. 自动控制在空调工程中的应用(2)[J]. 制冷技术, 2006, 26(2): 49-52.

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告