

热回收型多联机空调系统节能分析

詹跃航

(特灵空调系统(中国)有限公司)

摘要 热回收型多联机空调系统可以将部分空间的热量有效地转移到其他空间并加以利用,达到热量回收的目的。本文对热回收型多联机的原理、结构、运行模式和节能特性进行详细分析,并通过试验验证热回收工况下机组的能效比最高可达到普通多联机的2倍,在主体制冷及主体制热场合其能效比也远超普通多联机组。

关键词 多联机空调系统;热回收;节能

Energy-saving analysis on heat recovery type multi-split air-conditioning system

Zhan Yuehang

(Trane Air Conditioning System (China) Co., Ltd.)

ABSTRACT Heat recovery type multi-split air-conditioning system can transfer part of space heat to other space effectively for use, to achieve the goal of heat recovery. The principle, structure, operation mode and energy-saving features of heat recovery type multi-split system are analyzed in detail. Via the test data, it is verified that its *EER* is as high as two times of ordinary multi-split system under heat recovery condition, and its *EER* is also greatly higher than ordinary multi-split system under the condition of main cooling or main heating.

KEY WORDS multi-split air-conditioning system; heat recovery; energy-saving

空调系统能耗在日常生活中占有相当比例,在提高空调舒适性的同时,降低空调能耗是空调技术发展的方向和动力。对于具有多个房间的建筑来,可能在有些房间需要制热的同时,另外一些房间需要制冷,而传统的空调形式均只能同时制冷或同时制热。即使是一室一机的形式能够满足这种要求,室内的冷量和热量也没有被充分利用,不仅空调器的容量大大增加,还会造成能源的巨大浪费。

热回收型多联机空调系统不仅能够满足多个房间同时需要制冷和制热的要求,而且能够充分利用室内侧需要由空调系统带走的冷量或热量,而不是简单地将其排放到室外的空气中,而是在系统内部加以转化和利用。热回收的基本原理是将部分空间换热的能量有效地转移到其他空间,并加以利用,达

到能量回收的目的,实现空调系统内能量的合理转移和利用^[1]。在同时需要供冷与供热的建筑物逐渐增多的今天,热回收技术具有广阔的应用前景,是当今空调领域研究的重要课题之一。

1 热回收型多联机空调系统的结构、原理与运行模式

1.1 系统结构

热回收型多联机室外机如图1所示,由变频(数码)压缩机、油分离器、气液分离器、储液罐、高压传感器、低压传感器、室外换热器以及一系列电磁阀和电子膨胀阀组成。每台室内机有一个冷热转换器,如图2所示。冷热转换器由电磁阀A1和电磁阀A2组成。整个制冷循环系统由高压气管、中压液管和低压气管构成,因而称为三管式热回收型多联机系统^[2]。

收稿日期:2014-03-20

作者简介:詹跃航,硕士,工程师,产品开发经理,主要从事多联机空调系统方面的研究。

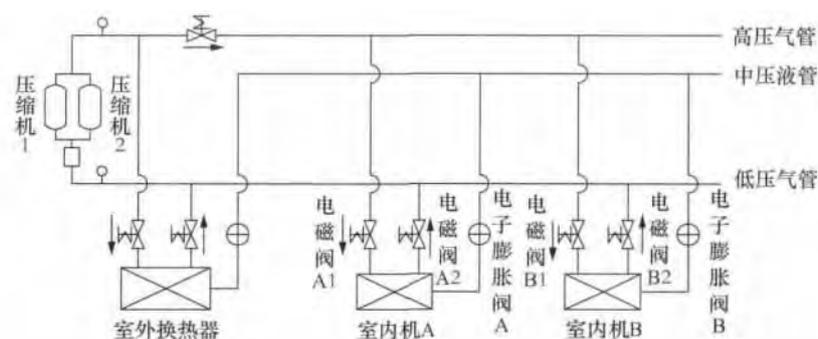


图 1 热回收型多联机系统图

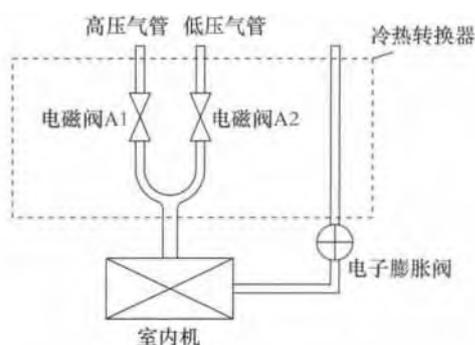


图 2 室内机冷热转换器示意图

1.2 系统原理

对于制热室内机(假设为室内机 A), 高温高压的气态制冷剂通过电磁阀进入高压气管, 然后通过电磁阀 A1 进入室内机 A 进行冷凝放热成为高温的液态制冷剂, 再通过电子膨胀阀 A 进入中压液管, 这样就实现了室内机 A 的制热运行; 对于制冷室内机(假设为室内机 B), 中压液管中的制冷剂通过电子膨胀阀 B 节流后, 进入室内机 B 进行蒸发吸热成为具有一定过热度的低压气态制冷剂, 通过电磁阀 B2 进入低压气管, 再通过低压气管回到气液分离器, 进入压缩机进行下一次制冷循环。室外换热器是用于平衡各室内机的冷热负荷的缓冲设备, 根据室内机的运行模式及负荷大小起着冷凝器或蒸发器的作用。

由于各室内机的运行模式可以任意选择, 这样, 热回收型多联机可以满足用户同时需要制冷与制热的要求。

1.3 运行模式

按照各室内机运行模式及负荷大小的不同, 可以将整机的运行模式分为完全制冷、完全制热、主体制冷、主体制热及热回收 5 种运行模式^[3]。在完全制冷与完全制热模式下, 热回收型多联机与普通多联机的性能是一致的。在主体制冷、主体制热及热

回收模式下, 机组能够根据各室内机的运行模式及负荷大小, 自动判别并调整整机的运行模式。

在主体制冷模式下, 室外换热器与制热室内机一起作为系统的冷凝器, 各制冷及除湿室内机作为系统的蒸发器。在主体制热模式下, 室外换热器与制冷室内机一起作为系统的蒸发器, 各制热室内机作为系统的冷凝器。在热回收模式下, 制热室内机冷凝负荷与制冷及除湿室内机的蒸发负荷相当, 室外换热器基本不需要发挥换热作用。可见, 在热回收模式下, 系统的能效比可以达到最高点。

2 热回收型变频多联机在各种运行模式下的性能

2.1 试验样机

采用的室外机组为一台 10 hp 热回收型变频多联机, 室内侧配置总共 10 hp 的室内机, 其中 1 台 1 hp 室内机和 2 台 2 hp 室内机共用 1 个制冷室内侧环境及风口, 另外 1 台 1 hp 室内机和 2 台 2 hp 室内机共用 1 个制热室内侧环境及风口。

表 1 给出了各试验方案对应的室内机启停组合及室外机输出能力。

2.2 能效比随制冷及制热容量的变化

试验工况为室外侧环境干/湿球温度 18 °C/12 °C, 制冷室内侧干/湿球温度 27 °C/19 °C, 制热室内侧干/湿球温度 20 °C/15 °C。对机组进行各项制冷及制热负荷的匹配试验, 试验结果如图 3 所示。

当机组处于完全制冷状态时, 能效比为 4.9; 机组处于完全制热状态时, 能效比为 5.0。这与普通多联机基本保持一致。

当机组室内机制冷容量与制热容量达到 5:1 时, 机组能效比为 5.6; 当室内机制冷容量与制热容量达到 1:5 时, 机组能效比为 5.8。这 2 种运行状态的能效比较完全制冷和完全制热状态提升了近 16%, 明显体现热回收型多联机的能效优势。

表 1 热回收型多联机试验方案

运行模式	制热	主体制热				热回收			主体制冷			制冷
制冷/制热	室内机制冷/制热容量(hp/hp)											
室内机容量	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5	5/4	5/3	5/2	5/1	5/0	
室外机输出	5 hp											
制冷	1 hp	○	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●
室内	2 hp	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
机	2 hp	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●
制热	1 hp	●	●	●	●	●	○	●	○	●	○	○
室内	2 hp	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
机	2 hp	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○

注：●表示室内机开启；○表示室内机关闭。

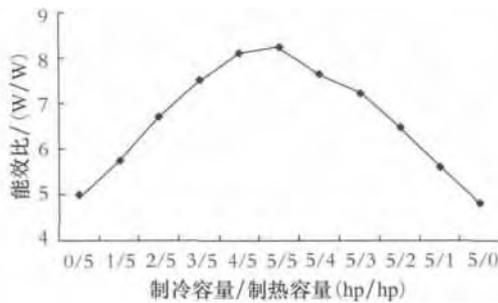


图 3 热回收型多联机组能效比随制冷制热容量比例的变化

当机组室内机制冷容量与制热容量达到 5:2 时,机组能效为 6.5;当室内机制冷容量与制热容量达到 2:5 时,机组能效为 6.7,远超普通多联机的能效范围。

当机组室内机制冷容量与制热容量达到 5:5 时,机组能效比为 8.3,达到最高,此时发挥出热回收型多联机的最大优势。

依据此试验可以得出结论:热回收型多联机的能效在室内机制冷和制热容量接近时能够达到最高效率,而且,只要在一个系统内同时存在制冷和制热的室内机,热回收型多联机都能够充分发挥能量回收的作用,实现能效比的大幅度提升。

2.3 室外运行工况对热回收型多联机能效比的影响

试验工况为制冷室内侧干/湿球温度 27/19 °C,制热室内侧干/湿球温度 20/15 °C。分别进行小偏差主体制冷、大偏差主体制冷、小偏差主体制热和大偏差主体制热 4 组室内机负荷组合试验。分别如下:

- 1) 小偏差主体制冷——开启 5 hp 室内机制冷和 4 hp 室内机制热(制冷:制热=5:4);
- 2) 大偏差主体制冷——开启 5 hp 室内机制冷和 1 hp 室内机制热(制冷:制热=5:1);

3) 小偏差主体制热——开启 4 hp 室内机制冷和 5 hp 室内机制热(制冷:制热=4:5);

4) 大偏差主体制热——开启 1 hp 室内机制冷和 5 hp 室内机制热(制冷:制热=1:5)。

在这 4 种室内机组合情况下对机组进行各项室外温湿度条件下的能效试验,试验结果如图 4 所示。

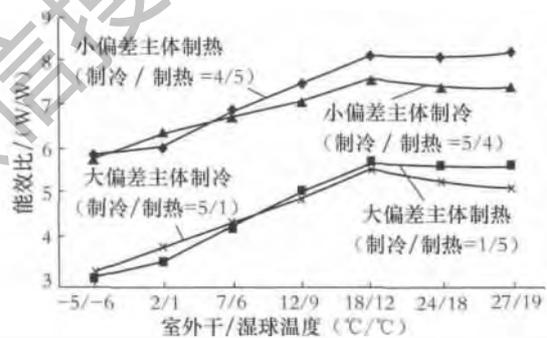


图 4 热回收型多联机组能效比随室外工况的变化

在小偏差主体制冷条件下,系统能效比的最高点在室外温度 18 °C/12 °C 时出现,达到 7.6。系统能效比的最低点在室外温度 -5 °C/-6 °C 时出现为 5.9。在室外温度从 -5 °C/-6 °C 向 18 °C/12 °C 变化过程中,系统能效比呈现均衡上升趋势,继续升温时,系统能效比呈现较为平缓的下降趋势。

在小偏差主体制热条件下,系统能效比的最高点在室外温度 27 °C/19 °C 时出现,达到 8.2。系统能效比的最低点在室外温度 -5 °C/-6 °C 时出现为 5.9。在室外温度从 -5 °C/-6 °C 向 18 °C/12 °C 变化过程中,系统能效比呈现均衡上升趋势,室外温度至 18 °C/12 °C 时,系统能效比已经达到 8.1,继续升温时,系统能效比变化较小。

(上转第 28 页)

℃,而且随着稳定时间的加长呈现更小的态势。

同一温湿度、负荷变化下的耗能高低,可以这样分析:由于变容系统冷量的输出是连续可调的,故冷热过冲较小、稳定时间较快,而冷过冲的减小直接减少了湿度变化响应的的时间,从而可以有效的节能。通过对 2 个系统进行恒温下变负荷(过程 1)和恒负荷下变温(过程 2)与传统系统的耗能累计(电能表记录),对比可以得出,系统 A 和系统 B 的过程 1 分别约节能 32%和 26%,过程 2 分别约节能 28%和 25%。

3 结论

通过对关键阀件联调变容技术的理论分析与试验研究,可以得出以下结论:

- 1) 该技术可以根据负荷变化与温度变化较快响应,依负荷大小进行制冷剂流量分配,实现 0%~100%无级可调的变容效果,调节精度也很高。
- 2) 该技术可以使整个变容系统在适宜吸气过热度、适宜压比、适宜蒸发温度与回油的状态下运行,有效地提高了变容系统的运行寿命。
- 3) 该技术应用于高精度温度控制系统,具备温度或负荷变化响应快、调节精度高、运行经济性好等优点,可以广泛推广。

参考文献

[1] 王汝金,张秀平,贾磊,等. 空调压缩机变容量调节技术[J]. 低温与超导,2010,39(3):58-62.

[2] 缪道平,吴业正. 制冷压缩机[M]. 北京:机械工业出版社,2001.

[3] Shao Shuangquan, Shi Wenxing, Li Xianting, et al. Study on the energy saving and the performance of air-conditioners with variable speed compressors[C] // Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings (AIQVEC' 2001). Changsha, China, 2001:539-545.

[4] Oh S K, Chang P, Choi J K, et al. Design of a variable capacity rotary compressor using by-pass method[C] // International Compressor Engineering Engineering Conference. Purdue University, West Lafayette, USA, 2004:12-15.

[5] GB/T 5773—2004 容积式制冷剂压缩机性能试验方法[S].

[6] 石文星. 变制冷剂流量空调系统特性及其控制策略研究[D]. 北京:清华大学,2000.

[7] 王宝龙. 基于制冷剂泄出的涡旋压缩机容量调节技术[J]. 制冷学报,2010,31(2):7-10.

[8] 陈斌,陈光明,刘利华,等. 混合工质变容量调节技术及其应用[J]. 流体机械,2004,32(12):64-68.

[9] Man-o T, Tanino M, Okazaki T, et al. The enhanced heat transfer in the plate-type evaporator by using an ejector for recirculation[C] // International Congress of Refrigeration. Beijing,2007.

[10] 林立,裴秀英. 变容量中央空调系统调节技术的比较分析[J]. 制冷空调与电力机械,2007,28(5):15-18.

[11] 张娅妮,陈洁,周根标,等. 变负荷工况下的制冷量调节方法[J]. 制冷与空调,2006,6(4):77-80.



(下接第 64 页)

在大偏差主体制冷和大偏差主体制热的条件下,系统能效比随室外环境温度的变化趋势与其他试验基本一致,但由于室内侧开启的制冷室内机和制热室内机的容量相差较大,整体能效比相对较低,表明此时系统能够用于回收的热量相对较少,系统的能效比更接近普通制冷和普通制热的状态。

由此可以得出结论:热回收型多联机的能效比在室外干/湿球温度 18℃/12℃左右达到最高点,表明在过渡季节能够发挥热回收型多联机的最大能效。对比普通多联机,当室外干/湿球温度在-5℃/-6℃时,热回收型多联机仍然表现出优越的节能性,因此热回收型多联机适合应用于-5℃以上的需低温制冷的场合。

3 结束语

热回收型多联机可以实现同时制冷和制热的要求,提高能源利用效率,是目前空调领域的前沿技术。热回收型多联机在如过渡季节、低温制冷、冷热负荷变化较大的建筑等众多应用场合均可发挥其显著的节能优势。

参考文献

[1] 倪小静,周赵凤,陈华江. 变频技术空调的节能分析——热回收型多元 VRV 空调系统[J]. 浙江树人大学学报,2004,4(3):79-82.

[2] 石文星,邵双全,彭晓峰,等. 热回收型多元变制冷剂流量空调系统控制策略仿真研究[J]. 暖通空调,2003,33(1):12-17.

[3] 石文星,成建宏,赵伟,等. 多联式空调技术及相关标准实施指南[M]. 北京:中国标准出版社,2011:51-61.