

双变频压缩机并联系统及其在多联机上的应用

The System With Two Parallel Connected Variable Speed Compressors and Its Application on Multiple-split Air-conditioner

胡 锐

(珠海格力电器股份有限公司 珠海 519070)

摘要：双变频压缩机并联系统是通过使用两台小排气量的变频压缩机代替传统的单变频压缩机的一种新型空调系统。经理论分析及试验验证，双变频压缩机并联系统应用于负荷变化大的多联机组时比传统的单压缩机系统能效优势明显。

关键词：双变频压缩机并联；负荷变化；多联机组；IPLV(C)

Abstract : The system with two parallel connected variable speed compressors is a new air-conditioner system which has two variable speed compressors in a outdoor unit instead of one inverter compressor. Through theory analyzing and testing, we prove that this system is more efficient than the traditional system with one variable speed compressor, especially on multiple-split air-conditioner whose load is variable.

Key words : two IPLV(C) parallel connected variable speed compressor; load change; multiple-split air-conditioner

随着国家节能减排的呼声日益提高，作为耗电大户——空调的能效水平已经被越来越多的人所关注。展望空调压缩机的发展历程，传统的定频压缩机已逐步被更加节能高效的直流变频压缩机所替代。多联机由于其内机负荷是变化的，为了达到节能的目的，通过对制冷工质流量的有效控制实现压缩机和系统的变容量运行^[1]。

多联机室外主机调节输出能力的方式有两种：通过改变投入工作的压缩机的数量来调节主机的容量，进行主机容量的粗调节。通过变频装置改变变频压缩机输入频率来改变压缩机的转速，进行主机容量的细调节。通过粗细配合，可使室外主机输出能力连续线性调节^[2]。在压缩机选择方案上，从最开始的数码涡旋压缩机，还有定频压缩机+定频压缩机^[3]及定频压缩机+变频压缩机^[4]方案，到目前主流的直流变频涡旋式压缩机和直流变频转子式压缩机方案。考虑到涡旋式压缩机成本较高，更多的厂家开始逐步用直流变频转子式压缩机来代替直流变频涡旋式压缩机，转子式的压缩机排量也越做越大，比如5匹左右的直流变频压缩机，2008年各压缩机厂家才刚开始有产品推出，可以选择的型号比较少，比如松下下的5VD420ZAA21，三菱电机的LNB42FSCMC等，从

在多联机上使用的情况来看，能效普遍不是很高。为此我们提出使用两台小排气量的变频压缩机代替传统的单个变频压缩机的一种新型的空调系统的方案。下面我们从性能方面进行分析和介绍，并与单变频压缩机系统进行对比分析。

1 理论分析

双变频压缩机系统与单压缩机系统相比大致相同，仅将一台大排气量压缩机更换成2台相同排量的小排气量压缩机，吸气侧和排气侧通过管路设计实现并联，其他部分同单压缩机系统，更改见图1的系统图简图。

变频空调器在不同频率点下的能效与机组的压缩机、换热器等元器件的选型有着比较密切的关系。随着压缩机频率的不断变化，压缩机的能效也是不断变化的，但是总体来讲，机组的能效曲线一般都是一个向下的抛物线，大量的专家和学者人对此进行了相关研究，对于一拖一的变频空调来说，一般在较低的频率有一个最高能效值，但频率再往下降，能效会急剧下降，如图2^[5]。

低频段能效下降的原因，一方面是由于随着压缩机功率的降低，压缩机以外的元器件的功率占比增大，另

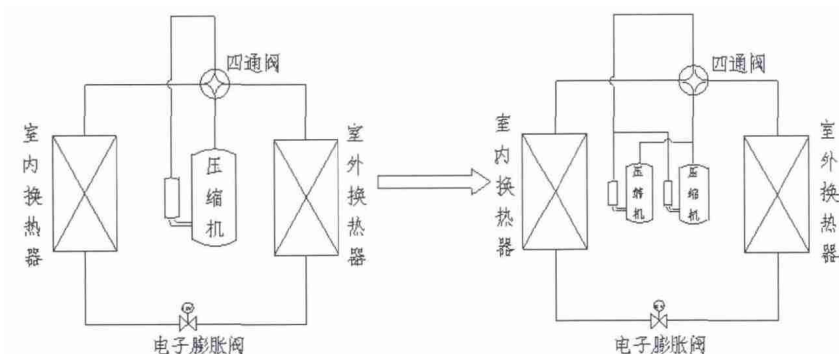


图1 系统图简图对比

外一方面由于压缩机低频运行时，压缩机的电机效率降低^[6]，冷媒泄漏量会变大。且转子式压缩机由于自身的结构设计原因，低频运行时振动问题比较突出^[7]。所以应尽量机组避免低频运行。

鉴于以上论述，我们提出使用两台压缩机并联的方案，在低频段压缩机可选择单开，保证压缩机效率，理论上来说，如果选择的小排量压缩机刚好是大排量压缩机排气量的一半，那么如果大排量压缩机在某负荷运行，运行的是20Hz的频率，则小排量压缩机在40Hz也可以达到相近的能力，这样就可以避免压缩机低频运行，提升机组在低频段的能效。

对于变频多联机来说，根据用户的实际使用习惯以及综合制冷系数 IPLV(C) 的相关测试标准，室内机的负荷时不断变化的，即蒸发器的大小是变化的。多联机国标中规定，测试 IPLV(C) 时需要根据测试点的不同调整室内机的负荷。100% 负荷、75% 负荷、50% 负荷、25%

负荷的内机数量是依次减少的，即蒸发面积是依次减小的，这样会导致多联机在低频运行时能效更低，这样会对综合制冷系数 IPLV(C) 产生比较大的影响。

目前多联机组的能效评价标准是综合制冷系数 IPLV(C)，他主要考察的是机组在制冷不同部分负荷下的综合能效表现。IPLV(C) 计算公式如下^[2]：

$$IPLV(C) = (PLF_1 - PLF_2) (EER_1 + EER_2) / 2 + (PLF_2 - PLF_3) (EER_2 + EER_3) / 2 + (PLF_3 - PLF_4) (EER_3 + EER_4) / 2 + (PLF_4) (EER_4) \quad (1)$$

式中：

PLF₁、PLF₂、PLF₃、PLF₄——部分负荷额定工况下 100%、(75±10)% 负荷、(50±10)% 负荷、(25±10)% 负荷的部分负荷系数

EER₁、EER₂、EER₃、EER₄——部分负荷额定工况下 100%、(75±10)% 负荷、(50±10)% 负荷、(25±10)% 负荷时的 EER。

假设实测能力刚好是 100%、75%、50% 负和 25% 的能力，则可以取值 PLF₁=1.0，PLF₂=0.9，PLF₃=0.4，PLF₄=0.1，带入式 1 中可得：

$$IPLV(C) = 0.05 \times EER_1 + 0.3 \times EER_2 + 0.4 \times EER_3 + 0.25 \times EER_4 \quad (2)$$

由式 2 可以看出，在 IPLV(C) 计算中，EER₃(50% 负荷能效) 占的比重最高，为 40%；EER₂(75% 负荷能效) 占的比重次之，为 35%；其次是 EER₄，比重最低的是 EER₁，仅占 5% 的比重。所以要想提高机组的能效水平，应当让机组的能效在 75% 负荷、50% 负荷以及 25% 三个点的能效都能得到最大的发挥。双变频压缩机的并联方案很好地解决了这个难题。

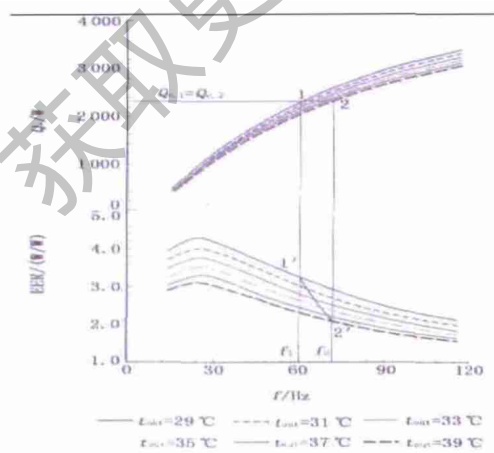


图2 压缩机频率与制冷量及能效的变化关系

2 试验验证

2.1 试验系统及测试方案

为了更直观的对比单变频压缩机和双变频压缩机两

种方案的性能情况，我们在一款 16KW 的多联机组上分别选用珠海凌达压缩机有限公司生产的两款排量为 42.8cm³ 和 23 cm³ 的压缩机进行对比测试，我们选取多联机常用的测试点额定制冷、IPLV100%、IPLV 75%、IPLV 50% 和 IPLV 25%、额定制热这六个负荷点来对比测试性能情况。

2.2 试验装置及测试工况

性能测试在焓差试验台上进行，测试工况参考国标：额定制冷测试工况 27/19,35/24，IPLV 测试工况 27/19,27/19，额定制热测试工况 20/-，7/6。测试样机 A 使用排量为 42.8cm³ 的压缩机，测试样机 B 使用两台排量为 23 cm³ 的压缩机并联的方案，其他配置相同，测试内机使用 4 台 40 风管内机。主要检测和记录频率、制冷/热量、功率和能效比这几项数据。

2.3 试验数据 (见表 1)

2.4 数据分析

1) 在负荷较大时，双变频压缩机比单变频压缩机的能效略高，这与选取的小排量压缩机能效本身比大排量压缩机能效略高有关，为了获得更高的能效水平，可以选择能效更高的小排量压缩机并联使用。在低频段 50% 负荷和 25% 负荷两个测试点，双压缩机能效优势明显，尤其是 25% 负荷测试点，能效高出 1.42 之多。而实际应

表 1 试验数据

压缩机	测试项目	内机负荷	频率	能力	功率	能效
42.8 排量压缩机	额定制冷	40×4	63Hz	15860	5003	3.17
	IPLV100%	40×4	58Hz	15903	3526	4.11
	IPLV75%	40×3	39Hz	11881	2339	5.08
	IPLV50%	40×2	26Hz	8043	1974	6.02
	IPLV25%	40×1	15Hz	3533	619	5.71
23 排量压缩机双开	额定制热	40×4	72 Hz	17955	4892	3.67
	额定制冷	40×4	双 60Hz	15701	4846	3.24
	IPLV100%	40×4	双 54Hz	16085	3821	4.21
	IPLV75%	40×3	双 37Hz	12194	2796	5.36
	IPLV50%	40×2	双 24Hz	8128	1249	6.51
23 排量压缩机单开	IPLV25%	40×1	双 16Hz	3742	602	6.22
	额定制热	40×4	双 68 Hz	17504	4594	3.81
	额定制冷	40×4	——	——	——	——
	IPLV100%	40×4	——	——	——	——
	IPLV75%	40×3	单 75Hz	11923	2438	4.89
23 排量压缩机单开	IPLV50%	40×2	单 47Hz	8027	1270	6.32
	IPLV25%	40×1	单 29Hz	3775	529	7.13
	额定制热	40×4	——	——	——	——

用中，客户也会经常选择单开一台到两台内机运行，所以双变频压缩机系统对客户实际使用中的节能效果也是有很大意义的。

2) 单压缩机系统在 50% 负荷时能效最高，但是 25% 负荷有较大衰减。双小排量压缩机方案，可以根据负荷情况，优选压缩机的开启台数，从而达到最佳的能效值，达到节能的目的。双小排量压缩机在测试 25% 负荷时能效最高 (选择压缩机单开)。

3) 根据以上实验数据，计算得出单压缩机方案的 IPLV(C) 测试值为 5.57，而双压缩机方案的 IPLV(C) 测试值达到了 6.28，双压缩机方案比单压缩机高出 0.71，优势明显。

3 结论

变频压缩机一般在中低频有较高的能效，低频运行由于受到电机效率降低和冷媒泄漏量增大的影响，能效会降低。使用双变频压缩机的多联机系统，在机组低负荷运行时可以选择单开一台压缩机，避免压缩机低频运行，提升压缩机效率。

经实验数据分析得知，双变频压缩机系统中低负荷运行时双变频压缩机有明显的能效优势，有利于提升机组的综合能效水平，对客户实际使用中的节能效果也是有很大意义的。

参考文献

[1] 王振宁, 王志刚. 多联机空调系统的特点及设计注意事项 [J]. 内江科技, 2008 (7): 101~101.

[2] 石磊. 数码涡旋与变频技术的对比分析 [J]. 制冷技术, 2006, (2): 25~31.

[3] 杨滨滨. 压缩机并联新技术在空调设备中的节能分析 [J]. 供热制冷, 2010, (3): 58~59.

[4] 江燕涛, 杨昌智, 田明力等. 采用单压缩机与双压缩机的多联式空调机组的性能比较 [J]. 暖通空调, 2006, 36(7): 92~95.

[5] 石文星, 彦其森, 陈华俊等. 论变频空调器性能评价体系 [J]. 暖通空调, 2004, 34(5): 52~57.

[6] 尚勇, 代德朋, 张早校等. R410A 滚动转子压缩机变频性能分析 [J]. 流体机械, 2001, 29(7): 50~53.

[7] 黄辉, 胡玉生, 徐嘉等. 变频压缩机低振动控制技术的试验研究 [J]. 流体机械, 2011, 39(1): 11~15.

[8] GB/T 18837-2002, 多联式空调 (热泵) 机组 [S].