

变频压缩机对冰箱节能的影响

海信科龙电器股份有限公司 李成武

摘要: 为研究变频压缩机对冰箱的节能效果,通过仿真软件分别对变频压缩机与定频压缩机在不同类型冰箱上进行分析,研究变频压缩机节能的效果以及应用它产生的问题,并为如何提高变频压缩机的节能效果提出一些方向。

关键词: 变频压缩机; 冰箱; 节能; 仿真

1 前言

对于目前冰箱的研究来说,冰箱的能耗要求已经处于比较重要的地位。为降低冰箱的能耗,在综合对其各部件的优化设计、改良性能以外,提高压缩机的效率是最主要的决定因素。从2000年开始,压缩机的COP从1.3左右上升至1.8左右,基本上将冰箱的能耗降低50%,但同时因环保的要求,冰箱发泡材料由R11改为环戊烷后,导热系数由0.16提高至0.20左右,发泡材料的性能变差20%,即基本上将冰箱的能耗加大20%。对于生产冰箱的企业来说,也通过加大冰箱的发泡层或通过改进发泡材料的性能降低冰箱的能耗,如采用245fa或采用添加剂作为发泡剂来改善保温的性能。

当压缩机的技术发展一定程度后,再提高压缩机的COP已经是具有相当的困难,因此目前市场上开始推行变频压缩机。变频压缩机对冰箱的性能会不会有什么大的变化?笔者通过自主开发的冰箱性能仿真系统软件,对变频压缩机装配在不同类型的产品上,与同性能要求的交流定频压缩机进行能耗对比分析。

变频压缩机主要以直流变频为主,采用BLDC电机,目前它的效率也可以达到1.8左右的水平,与高效的交流定频压缩机能效相差不大。对于它在低转速和高转速的运行情况下,其效率会比在中转速的情况下有所降低。某型号变频压缩机的效率变化如表1所示。对于变

频压缩机来说,需要变频板的控制,会消耗2W左右的能耗;而且主控板还需要采用开关电源设计,相比于机械温控或开关电源控制的普通冰箱,大约增加0.05kWh/24h的能耗。

2 仿真对比分析

变频压缩机对环境的适应能力很强,当冰箱的工作环境或使用环境发生改变时,压缩机会通过改变转速产生不同的制冷量来满足冰箱的负荷要求。另外当压缩机处于小功率运行时,由于蒸发温度的提高,压缩机的COP会上升,从而降低冰箱的耗电量。那么这种因蒸发温度的上升对提高性能有多大的变化,笔者通过自开发的仿真软件对变频压缩机和定频压缩机在直冷冰箱、无霜冰箱以及采用风直冷多循环系统的冰箱上进行模拟计算。

2.1 直冷单循环制冷系统冰箱

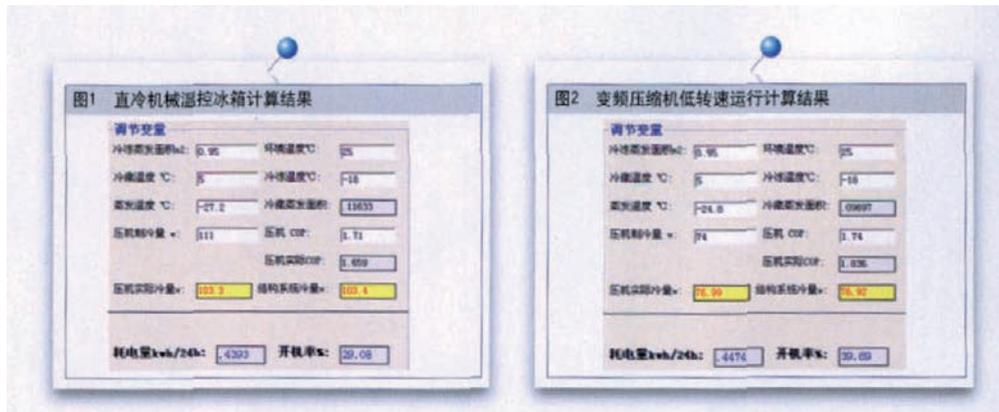
变频压缩机选其在2400RPM的制冷量与COP,同时也选用相当的交流定频压缩机,输入相应仿真软件系统进行计算。图1为机械温控冰箱采用仿真软件的相关计算结果。

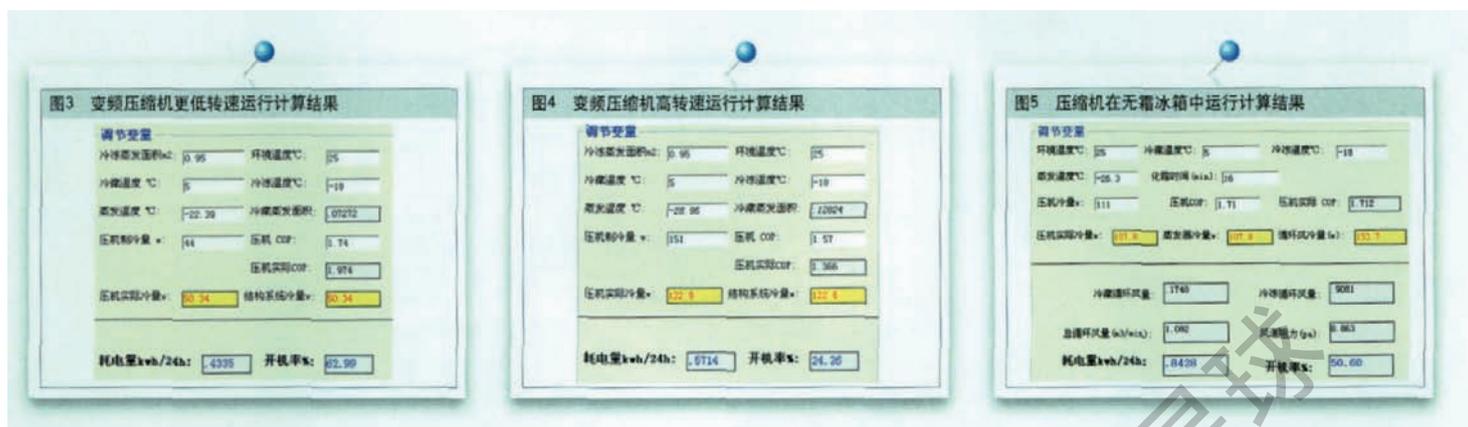
对于电脑温控冰箱,如果控制板采用开关电源设计,则控制板的功耗可降低至0.2W以下,耗电量约为0.0048kWh/24h。对于机械温控冰箱,除压缩机外没有其它的功耗,所以采用定频压缩机的冰箱耗电量为0.44kWh/24h。如果采用定频压缩机,控制板采用变压器线性

表1 某型号变频压缩机的参数

转速 (RPM)	制冷量 (W)	COP	转速 (RPM)	制冷量 (W)	COP
1000	44	1.74	2400	111	1.71
1600	74	1.74	3600	151	1.57

备注 1.ASHRAE测试标准; 2.蒸发温度-23.3℃。





降压，控制板的功耗为2W，则冰箱的耗电量为0.48kWh/24h，能耗增加10%。同样采用变频压缩机，变频板的功耗一般为2W，选用变频压缩机2400转运行，它的制冷量与定频压缩机相同时，冰箱的能耗也约为0.48kWh/24h，相对于机械温控冰箱，耗电量会加大约10%的水平。

由于变频压缩机可以通过改变转速进行节能，当变频压缩机按1600转运行时，压缩机的制冷量会减少。对于冰箱制冷系统来说，蒸发温度会上升。蒸发器上升后，会带来压缩机的效率提高。从图2的仿真计算结果看，冰箱的耗电量减小至0.45kWh/24h，与机械温控的冰箱能耗比较接近。在这种低转速的情况下，冰箱的开机率会加大，蒸发温度也上升约2.5℃，压缩机的效率提高了10%，基本上可以消除由于控制板的功耗产生的能量损失。另外从冰箱的运行开机率的数据可以说明压缩机的制冷量仍然偏大。

当压缩机选用更低转速时，压缩机制冷量更低。当变频压缩机按1000RPM运行时，仿真计算显示(见图3)，冰箱的耗电量达到

0.43kWh/24h，也达到机械温控冰箱的效果，开机率也达到可以控制的要求。此时压缩机的效率更高，蒸发温度也上升更多。

通过对变频压缩机在直冷单循环系统上的不同制冷量情况下运行，从计算的结果中也可以看出压缩机对直冷冰箱的系统结构要求也发生的变化。一般直冷单循环系统冰箱，冷藏室蒸发器的蒸发面积与冷冻室是通过匹配来达到最佳节能的效果。但变频压缩机由于能量的变化，造成冷藏与冷冻的蒸发器面积匹配也发生了变化，这对于直冷单循环系统冰箱来说，是不可能自动适应压缩机的变化要求。当压缩机低速运行时，在冷冻蒸发器的面积不变的情况下，可以通过对比发现冷藏室的蒸发器面积也在变小；当压缩机的制冷量加大时，要求冷藏的蒸发面积加大，但对于此类产品，在实际中是不可能改变，这样会出现的问题是冷藏室的制冷量偏小，当冷冻室的温度超过要求，冰箱耗电量会加大，也无法体现变频压缩机快速制冷的特点。图4为变频压缩机采用高速运行时的计算结果。

对于直冷冰箱来说，由于系统的简单性，

技术含量降低，以及控制系统中的能耗控制方式与成本的对比，采用变频压缩机对产品的能耗并不能体现它的优点。同时由于系统匹配的限制，对于变频压缩机由于具有可变的冷量，可以快速降温，从而达到提高食品的保鲜效果，也无法得到实现。变频压缩机在高速运行时，冰箱压缩机的开机率减小，但冷藏的蒸发器面积却无法加大。

2.2无霜冰箱

由于直冷冰箱系统的蒸发面积无法适应变频压缩机的调节要求，笔者同样通过对同一种类型的无霜冰箱进行仿真系统的模拟计算。

无霜冰箱的制冷系统要复杂很多，在涉及到普通制冷系统的同时，还涉及到风道系统，同时还包括了化霜系统，因此对它的分析难度要大更多，但通过仿真计算(见图5)，大约可以分析出结论。

在化霜累计时间不变的情况下，依然按压缩机累计运行时间计算，选变频压缩要低转速1600RPM情况下运行。图6为变频压缩机在低速时的运行计算结果。

从对比结果来看，蒸发温度上升约2℃，





压缩机的效率也提高约10%，但冰箱的耗电量却加大约4%，另外开机率也加大了40%。造成能耗加大的原因，是由于化霜累计时间发生了变化，一般来说，无霜冰箱的化霜能耗占冰箱的总能耗约10%的水平，当化霜累计时间越短时，产生的能耗影响越大，但是时间的长短与冰箱的化霜效果以及制冷的效果也是相关联的，对其时间的长短确定，也是有一个优化的过程。为更好研究变频压缩机的节能效果，笔者依实际的经验，改变化霜的累计时间，由原设计的时间改为更为合理的时间，从而适应变频压缩机的低速特点。图7为变频压缩机在低速运行的计算结果（调整化霜）。

由于冷藏与冷冻间的风量可以通过风门进行自动调节，它会克服直冷冰箱中蒸发器面积的不匹配产生的问题，但是对于风冷冰箱来说，本身也有自身的问题存在，如化霜的问题，如果设计不好，还是会产生比较大的能耗。通过调整好化霜状态，在不考虑控制板的功耗情况下，压缩机在低速运行时，对能耗有一点好处，但也只有3%左右的水平，说明变频压缩机通过改变转速达到节能的效果有一定的限度。

采用变频压缩机在高转速的情况下运行，冰箱的开机率降低20%，说明冰箱的降温速度加快，制冷量大，这种冰箱对于高温环境下具有较强的制冷能力，但冰箱的耗电量在加大。图8为变频压缩机在高速运行的计算结果。

通过变频压缩机在无霜冰箱上的仿真分析，虽然对冰箱系统的结构要求降低了，在重新解决化霜系统的设计方案后，有一点节能效

果但不太明显。这些冰箱还只是基于采用电动风门设计，控制板的功耗与变频压缩机相同的情况下发生，所以对于目前流行的对开门冰箱，采用变频压缩机有一定的作用。

2.3 风直冷多循环系统冰箱

对于采用双循环独立制冷的冰箱来说，冷藏室与冷冻室都是独立运行，两者的蒸发器采用并联的设计方式，这也是笔者公司产品具有的分立多循环制冷系统的特点。采用分立多循环的冰箱由于每一个室都可以独立运行，它的运行时间长短都是按照每一个室的实际能量需求，来决定它的压缩机运行时间的长短，虽然它并不能调节压缩机的实际制冷量，但是它也可以通过主动适应冰箱使用环境的变化要求，来达到快速制冷的目的，而且它也适用于压缩机小制冷量与大制冷量的变化。为对比分析，笔者选用某型号产品进行对比，该产品的冷冻室采用无霜设计，冷藏室采用直冷设计。同样笔者通过相应仿真软件系统进行模拟计算，研究两者的节能情况。

当选用相同的制冷量和制冷效率的压缩机后（变频压缩机选为中转速2400RPM），冰箱的控制板的功耗选2W。图9为压缩机在风直冷双循环系统冰箱中的运行计算结果。

通过风直冷冰箱进行模拟计算，可以看出冰箱两室不同的蒸发温度要求，不同的压缩机制冷量变化，当冷冻室在进行变化时，冷藏室的参数将保持不变。

当采用变频压缩机的低转速运行参数时，冰箱的运行参数如图10所示。

冷藏室与冷冻室的蒸发温度都上升，说

明压缩机的效率都会上升，冰箱的耗电量也降低了3.5%左右。但是冰箱的开机率明显出现加大，这样对于冷冻室来说，化霜会加大一部分能耗。从图9与图10的对比可以看出，冰箱降低的能耗主要是冷藏室，而冷冻室并没有什么效果，这同样是因为化霜累计时间的影响。

上面的对比分析只是基于控制板的功率为2W的情况下，对于采用定频压缩机来说，可以通过采用开关电源设计进行节能，图11为定频压缩机在采用低功耗控制板的情况下的冰箱能耗计算结果。

将控制板的线性变压器采用开关电源设计，降低的能耗约8%，大大低于采用变频压缩机的低转速运行时的能耗。

3 结论

通过变频压缩机在上述几种类型冰箱中的仿真分析，采用变频压缩机对冰箱的节能在特殊的情况下有一点效果，这一点主要基于控制板的功耗和控制程序的优化，虽然它可能会因为对环境具有多变适应功能，但是对于目前冰箱中出现的多循环制冷系统已经克服了单一制冷系统的缺点。另外采用变频压缩机在控制技术方面存在较大的能耗，对于目前冰箱的能耗普遍较低的情况下，这也制约了它的节能效果。

对于变频控制系统的设计，目前也采用了许多的抗干扰技术，如滤波、电抗器等，但它还是会对电网或其它电器设备有干扰，所以对于冰箱来说，如果想达到节能的效果而选用变频压缩机，在方向上还不是非常明智的选择。