

冰箱系统噪声的分析与处理

张龙

随着人们对环境静音的要求越来越高,产品噪声已经与节能、环保共同成为评定家电产品质量好坏的三大要素。冰箱作为全天候的噪声源,尤其是夜间的主要噪声源,其静音效果更是近年家用电冰箱市场竞争的焦点。

冰箱噪声(不考虑风扇噪声)主要来源于三部分:压机噪声、压机与系统形成的共振、系统内冷媒流动声。随着近年压缩机技术的发展,不少品牌的压机噪声被有效降至39dB(A)以下,压机与系统的共振也因阻尼块的合理利用被成功减弱,而冷媒在系统内流动过程中因压力平衡、蒸发平衡等多种因素造成的异响噪声一直是各厂家噪声处理的难点,本文将直冷式冰箱为例重点讨论这个问题。

1 系统噪声的特点

冰箱系统噪声一般分四种:纯气流声、正常的流水声(咕噜声)、气液混合体喷突声(咯咯、突突)、尖锐的啸叫声(唧唧如皮鞋蹭地板的声音)。频谱分析表明,尽管噪声值有时可能并未超标(基本都在42dB(A)以下),其中纯气流声及正常流水声经阻尼处理后基本可以接受,但后两种声音因频率偏高让人难以适应。

试验观测结果表明,几种声音在一个开机周期中的分布及对应的压力情况如表1所示。

长时间使用跟踪还发现,即使是同一

台冰箱,噪声情况也因不同季节而有所差别,甚至于一日之内也有所不同。通常夏季产生异响的机会要多(各厂家也是夏季接到的噪声投诉情况比较集中,而冬季较少),中午前后比较热的时候噪声偏大。

夜间较安静的情况下(本体噪声25dB(A)以下),一般的系统噪声在距离冰箱5米附近都可以听到,接近冰箱后背板处较清晰,而打开冰箱门伸头进入箱体则最为清楚。

2 系统噪声的产生

理论分析与实际观测结果均表明:正常流水声来源于制冷系统高压端的重力势差,冷媒在液态时同样遵守“水往低处流”的基本规律,在压力的作用下上升,同时受重力牵引而向洼处流动,流水声则来源于这一过程。

实际上,冰箱正常工作期间,高压端的冷媒处于气液混合态,只是随所处制冷阶段及外部负荷的大小不同而比例有所不同。在毛细管入口处冷媒主要为液态,随着向末端流出,压力逐渐减小,气态比例逐渐增多

(液态气化形成迅速膨胀),因此,出口处的流速迅速加大(以每秒几百米的速度向外喷出),形成喷射。

在此过程中,高速气液混合物与管壁磨擦,高速气液混合物对蒸发壁击打、高速气液混合物对迟滞在毛细管出口处的气态冷媒冲击、高速气液混合物压力瞬间释放所形成的紊流蒸发都将形成噪声,复杂的压力平衡噪声与蒸发平衡噪声主要表现为“咯咯”及“突突”声。

另外,就整个高压端而言,因制冷系统质量(如毛刺、折弯、打扁、脏堵等)问题会形成局部瓶颈缺陷,导致局部压力积聚,该压力积聚可能产生于冷凝管路垂直排布(气流对液态冷媒重力的突破),也可能产生于过滤器的局部微堵,更可能产生于高压端任何位置因几何变形而导致的截面突变处。

压力呈周期性的积聚与释放必然导致毛细管出口处周期性的压力变化,而且这种压力变化和与之伴生的气液混合比例变化之紊态冷媒共同作用,产生“壶口效应”,最后发出了一定规律的啸叫(主要表现为频率较高的“唧唧”声)。

表1

项目	时段	冷媒状态/对应高压端压力	噪声情况
1	开机瞬间	全部气态/2kg	无噪声(气流声)
2	开机结束~初始平衡态	气液混合态(气态比例偏多)/5~7kg	唧唧/咯咯
3	深度平衡以后	气液混合态(液态比例偏多)/约7kg	流水声(咕噜)
4	深度平衡以后刚打开门	气液混合态(气态比例偏多)/7~5kg	唧唧/咯咯
5	高温高负荷(闭门)	气液混合态(气态比例偏多)/7~10kg	唧唧/咯咯
6	平衡后长时间打开门	全部气态/2~5kg	无噪声(气流声)



DONPER东贝

中国驰名商标

L系列冰箱压缩机

民族品牌 创新品质 高端品位



小体型 **大** 量 **能** COP值2.03

拥有发明专利 专利号: 2007 10051375.0

黄石东贝电器股份有限公司
芜湖欧宝机电有限公司

Huangshi Dongbei Electrical Appliance Co., Ltd.
Wuhu Abaur Mechanical & Electrical Co., Ltd.

由此可见,系统噪声主要产生于毛细管出口处。

3 系统噪声的解决

流水声的处理较简单,一般提倡将冷凝管在冷凝板上自上而下横向布局,目的是将落差分级,这样一方面可以有效减小流水声,另一方面不会在冷凝管的低端形成多个液面,以造成压力积聚,进而产生啸叫。

从排气管出口到高位的冷媒上升则完全依赖排气压力,且此时冷媒不曾充分冷却,以高温高压气态为主,较易上升。

高频噪声的解决主要从以下几个方面考虑:

(1)系统结构方面

系统结构除了冷凝管的自上而下横向布局外,还要注意在以下几方面加以处理:

·增加二次毛细管:这是目前最有效的冰箱降噪方法,原理是通过二次分压来减小毛细管出口处的压差,从而减小流速,减少噪声。二次毛细管的直径不能太大,以刚好可以插入毛细管为宜,达到限制紊流半径,抑制蒸发平衡的目的。

·二次毛细管出入口均垂直向下:垂直向下是为了减少冷媒在两次排出口的滞留与积聚,减小紊流效应,避免壶口效应。

·改善毛细管出口喷射角:剪口一般为斜切或直切,这样在毛细管口形成的喷射角也不尽相同,斜切可使一边形成锐角另一侧形成钝角,过渡处则为直角,而直切则

整个面都是直角。对流体来讲,理想情况是沿一次切面喷射阻力最小,切线好于钝角,钝角好于直角,直角好于锐角,所以在毛细管出口处做一个内倒角,以形成射口钝角。

这样一方面可以减少因剪切形成的毛刺,另一方面也可以收拢散射,规则流向,以减少啸叫。就剪切工艺而言,由于孔径偏小,做成钝角有所难度的话,做成直切比较容易;也有为方便插入二次毛细管而切成斜面的,从减小噪声角度来说非常不可取,这会带来喷射角的由锐到钝交错,为紊流形成,加大高速气液混合物对蒸发壁击打、高速气液混合物对迟滞在毛细管出口处的气液态冷媒冲击、高速气液混合物压力瞬间释放所形成的紊流蒸发创造条件。

·避免将毛细管在回气管上过多缠绕

(2)系统质量方面

要求管壁光滑,管径过渡均匀,以减少弯折及突变,使冷媒流畅。

(3)包阻尼块减弱噪声

为进一步减小噪声,对主要噪声源进行消声处理也是行之有效的,目前比较可行的依然是包阻尼块,阻尼块须以二次毛细管的出入口为中心对称包裹。另外在包阻尼块之前,最好将毛细管出口5cm处打弯处理,让高速气液混合物对蒸发壁击打噪声处于包裹范围,达到整体垂直向下,局部打弯包裹的效果。

经过如上方案处理后,冰箱系统噪声得到明显减弱。✎ 【编辑:李鹏】