

无霜冰箱风流体测试与仿真优化

李成武 职东宁 李腾昌 姚飞

[海信容声(广东)冰箱有限公司,528305]

摘要:通过对无霜冰箱的风流体测试与研究,在了解影响风量与风压性能的各种零部件参数以及无霜冰箱本身风道系统的特性后,本文重点研究无霜冰箱流体对性能的影响及仿真性优化,经过理论的计算与实际测试数据的对比分析,降低无霜冰箱的能耗与噪声。

关键词:无霜冰箱 风量 风压 仿真 性能

Frost-free Refrigerators' Wind-fluid Test and Simulating Optimization

Li Chengwu, Zhi Dongning, Li Tengchang, Yao Fei

[Hisense Ronshen (Guangdong) Refrigerator Company Ltd., 528305]

Abstract: By researching and testing frost-free refrigerators' wind-fluid character, we know more about the parameter of parts on ventilation volume and resistance, and the character of refrigerators' duct ventilation system. We analyze the fact of affecting the performance of frost-free refrigerator by ventilation, and simulating optimization by software and comparing the result of theory and actual test, thus to reduce the consumption of energy and noise.

Keywords: Frost-free refrigerator, Ventilation volume, Ventilation resistance, Simulation, Performance

1 前言

目前,市场上大容积、多功能的无霜冰箱越来越多。在国内市场,随着生活水平不断提高,人们对无霜冰箱的需求也不断增加。虽然冰箱的类型在发生变化,但消费者对产品的要求并没有降低,同时企业之间的产品竞争也加大对无霜冰箱的性能与质量的要求。这迫使企业加强研发无霜冰箱技术。以前冰箱企业主要开发制造直冷冰箱。在技术人员大量流动的情况下,直冷冰箱的技术已经不再是冰箱设计的关键,成本与市场则成为重点。但对于无霜冰箱来说,它的技术难度很大,单靠个别流动的技术人员是无法完成的。尤其对于

多门、大容积的无霜冰箱,在更低的能耗、更低的噪声、更有竞争力的成本要求下,技术的重要性不言而喻。风流体对于无霜冰箱来说是难点技术。它无法看见、无法测试,而且变化多端。所以对于无霜冰箱来说,如何测试它的流体参数与优化是一项比较重要的技术内容。

2 无霜冰箱中的风流体测试

在无霜冰箱的风流体中,主要的流体参数是指系统的风量与风道阻力。风量包括了提供循环风动力的各种风扇的本身性能参数、无霜冰箱整体风道中循环的风量以及多门冰箱中不同间室的风量分配。风道阻力主要指冰箱中的各种关键部

第一作者简介:李成武(1968.1~),男,现就职于海信容声(广东)冰箱有限公司,主要从事冰箱节能、性能优化、性能仿真设计、开发等工作。

位,如蒸发器、进出风口的尺寸、风道沿程以及其它局部等产生的阻力,还有与风扇本身性能有关的全压与静压值等。对于这些流体的参数,在冰箱的运行过程中是变化的值,即使是风扇的性能参数也是变化的参数,所以采用固定的分析方法很难全面分析与了解流体的特性。基于上述原因,将无霜冰箱的流体参数分成两部分研究,一部分是风扇零部件的性能参数,另一部分则是冰箱本身的风道特性。

2.1 零部件的流体测试

给无霜冰箱的风道系统提供动力的是风扇。风扇性能的好坏决定了无霜冰箱性能的优劣。对风扇性能的研究首先要能了解风扇的各种性能参数。这些参数主要包括风量、风压、效率等。以

前,我们研究无霜冰箱主要是基于风扇的性能,所能得到的参数都是固定的值,如最大的风量与风压以及电机的功率等,但这种参数实际上只能作为一种参考,无法研究无霜冰箱。事实上,风扇的性能参数也是复杂多变的。这种变化与风扇的工作状态、设计以及种类都有关。这种变化的特性在无霜冰箱中也会体现出来,冰箱在不同的工作状态下,风扇运行的工作状态也不同,也正因为这种相互间的变化与适应,造成了无霜冰箱流体研究的复杂性与难度。

通过对比两组不同种类的风扇性能,可以看出这两种风扇在不同的电源作用下产生不同的 $P-Q$ 性能变化线。它们的性能测试结果,如图1和图2。

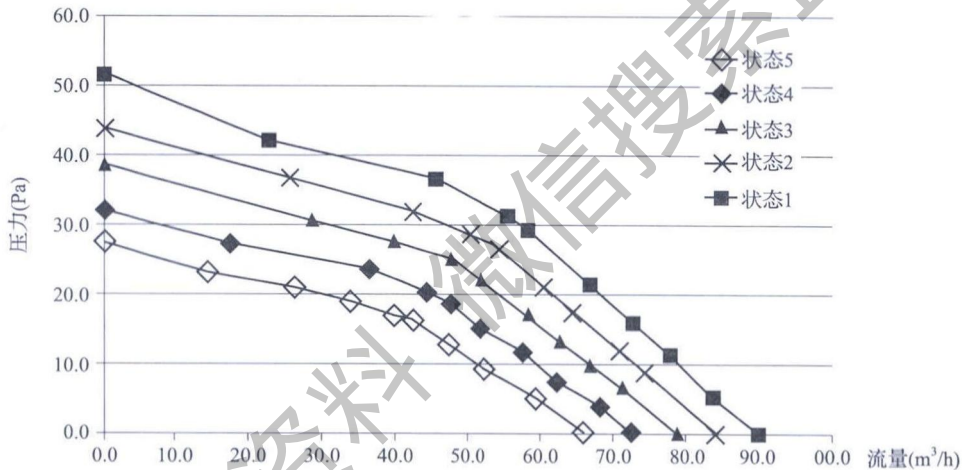


图1 风扇规格1性能测试曲线

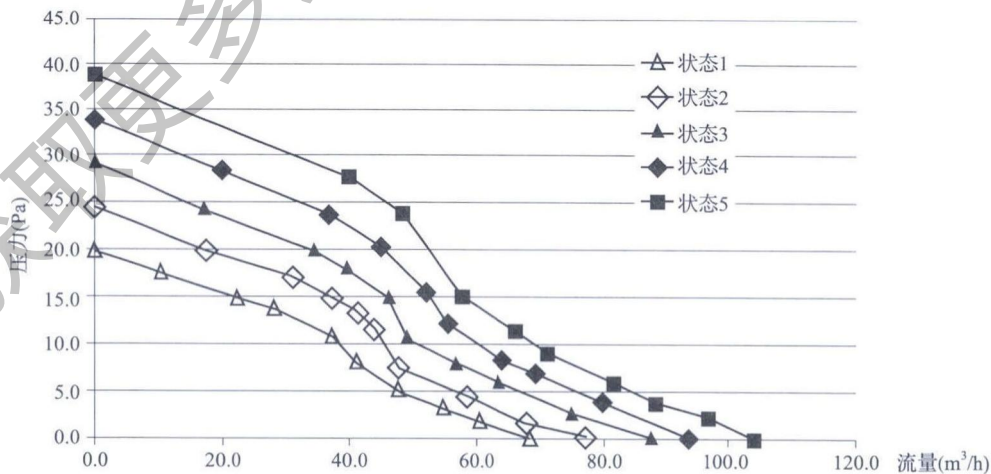


图2 风扇规格2性能测试曲线

对比两组风扇的性能测试结果,可以看出同一风扇在不同状态的参数不同,不同种类的风扇的性能也在变化,所以设计无霜冰箱时,首先要确定所选用风扇的性能特点,尤其是 $P-Q$ 线,这些性能线有利于分析产品的风流体工作点。

2.2 无霜冰箱的流体测试

无霜冰箱的流体设计主要与产品的功能和特征相关。多门冰箱与双门冰箱的系统设计不同,另外目前多循环技术的大量应用,也简化了无霜冰箱的流体设计,但从成本上来分析,对于单系统的无霜冰箱设计还是具有竞争力。所以对于无霜冰箱的流体测试,也是要看产品的具体设计结构,尤其目前对于高端的无霜冰箱,大多采用电动风门进行风量匹配,这一方面简化了设计,也增加了控制的准确性。对于此类冰箱的流体测试,也要分别对不同间室是否参入流体分配有关进行考虑。如图 3,分别对某冰箱的冷藏室和冷冻室的流体进行测试,和单独冷冻室的流体进行测试,可以从测试的结果中看出冰箱在不同的工作状态下,产生不同的风道系统,从而出现不同的风道系统参数变化,单独运行冷冻室的风道阻力明显大于冷藏与冷冻同时工作的阻力,因为冷藏室分流部分风量,在冷冻室产生的阻力减少。

3 风流体仿真优化

在产品的测试过程中,大多数是产品已经开

发出来后才可以进行测试,因此这种测试的结果只是验证设计的符合性,对于产品的优化设计指导性比较差。对于产品开发来说,如何对流体进行仿真优化比较重要,许多公司都会大量采用 CAE 或 CFD 分析。这些分析对于流体的状态可以较好地模拟,如减少涡流现象等,但这种仿真性一般多为固定流量分析,而且也只是对流体的运行状态模拟,它对产品的性能分析则比较难以做到,尤其是能耗与噪声的优化。为便于无霜冰箱性能的分析,笔者开发出动态仿真分析软件,将各种测试的结果转为理论分析数据,通过改变一些参数后,可以将各种性能的结果进行计算输出。如图 4 是专为某无霜冰箱开发的仿真模块,通过改变蒸发器等设计参数,可以将它的各种流体参数计算出来,也主要是通过蒸发器的风量与风压之间的变化关系。再通过计算风道的阻力与风量变化,将无霜冰箱的流体参数模拟出来,通过软件可以轻易进行变化分析。另外对不同风扇的参数进行选择后,与冰箱的流体参数进行匹配,可以确定冰箱的实际工作点,从而可以计算出冰箱的各种流体性能变化情况,如各种风量分配、各部位的阻力值以及冰箱的能耗值等。

对于模拟的结果不能达到设计的要求,可以改变各种对流体有影响的参数,从而使性能达到设计的要求,也就达到了优化的目的。如图 5 为某冰箱在不同的风扇运行下的流体参数与测试值

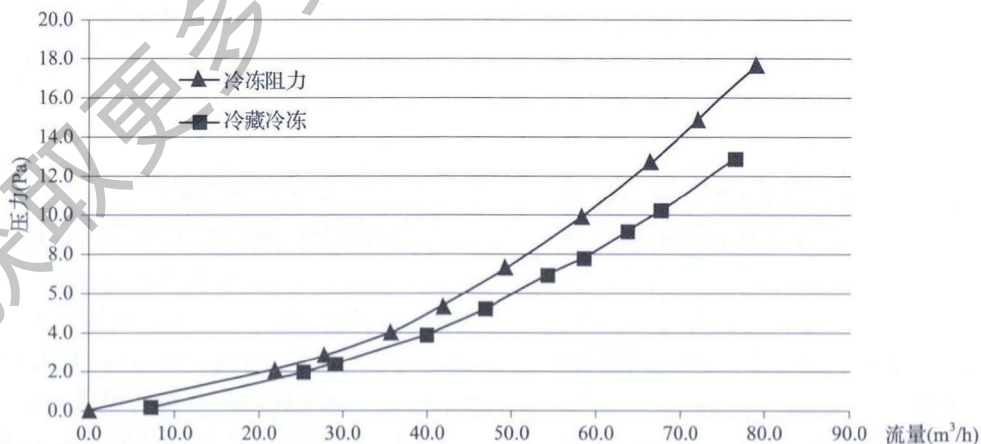


图3 无霜冰箱风道系统性能测试曲线

8. 蒸发器 蒸发器面积(m²): 1.5 有效通风宽度(mm): 390 蒸发器深度(mm): 75 密片管排数: 6
疏片管排数: 2

9. 风道参数 风扇类型: 轴流风扇 13V 冷冻进风口面积(m²): 0.009 冷冻出风口面积(m²): 0.005

二、调节变量

环境温度(°C): 25 压缩机制冷量(w): 190 压缩机 COP: 1.9 冷藏温度(°C): 5
变温温度(°C): -18 冷冻温度(°C): -18 蒸发温度(°C): -27.85 化霜时间(min): 25
压缩机实际 COP: 1.737 风扇电机实际功率(w): 1.7
压缩机实际冷量(w): 179.69 蒸发器冷量(w): 178.56 循环风冷量(w): 178.55
冰箱耗电量(kWh/h): 0.937 冰箱开机率(%): 35.94

五、其它参数
冷藏循环风量(m³/h): 14.24 变温循环风量(m³/h): 2.31 冷冻循环风量(m³/h): 44.14
总循环风量(m³/h): 60.7 风道阻力(Pa): 15.45 蒸发器阻力(Pa): 1.77

图4 无霜冰箱仿真软件计算模块图

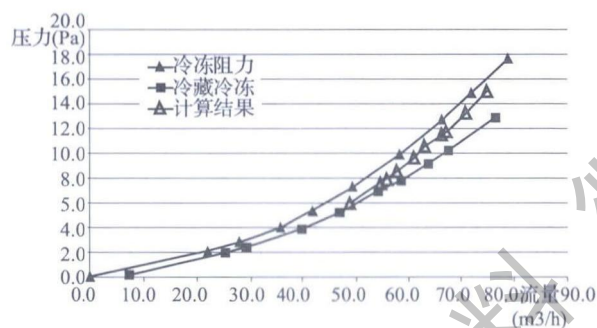


图5 无霜冰箱风道系统性能测试与计算曲线

间的关系,从图中可以看出计算的结果在图3的两测试值之间。这主要原因是软件模拟时,风门处于风量刚好匹配的角度,它无法做到全开或全关的状态,所以计算出的结果在风门全开与全关之间是一个正常的结果。

通过选用不同的风扇参数,可以通过软件计算出不同的能耗,也可以通过软件的阻力计算结果,将噪声的变化计算出来,如表1。采用不同的风扇参数后,噪声值发生较大的变化,但是能耗也会发生变化,当风扇的风量变小时,冰箱的能耗加大,但噪声在降低。

通过仿真软件的计算,与产品的实际结果进行对比,较好地符合,从而通过对流体的研究也可以来改善冰箱的性能。

表1 风扇不同状态对冰箱性能的影响

风扇类型	电机功率 (W)	总风量 (m ³ /h)	总风压 (Pa)	耗电量 (kWh/24h)	噪声声值 [dB(A)]
风扇1 状态1	1.7	67.2	11.79	0.952	43(基准)
风扇1 状态2	1.5	63.0	10.55	0.960	-1.25
风扇1 状态3	1.2	57.7	8.50	0.980	-3.50
风扇1 状态4	1.0	54.6	7.57	0.990	-4.75
风扇1 状态5	0.7	48.8	1.02	1.020	-7.30
风扇2 状态5	3.0	75.0	15.02	0.945	43(基准)
风扇2 状态4	2.5	71.0	13.30	0.950	-1.29
风扇2 状态3	2.0	66.3	11.49	0.958	-2.86
风扇2 状态2	1.5	61.1	9.63	0.970	-4.75
风扇2 状态1	1.0	55.8	7.92	0.987	-6.84

4 结论

通过分别对影响无霜冰箱风流体性能的零部件及风道系统的测试与研究,结合计算机的仿真软件,将测试的实际数据转化为理论数据,将变化莫测的风流体通过软件进行相应变化分析,同时结合了无霜冰箱的能耗与噪声的最终性能要求进行研究,将风流体的研究转为更实用的方面,在结合冰箱的能耗与噪声方面进行优化选择,软件计算的结果也与实际的测试进行了较好的对比,同时也为质量的整改提供了方向。