

采用滑动档片调节风口的两门风冷冰箱仿真计算探讨

Studys On The Ways To Calculate The key Factor of the Two Door Frost-Free Refrigerators With Slider Damper

刘道金

杭州华日家电有限公司

Hangzhou Huari Home Appliance Ltd.

【摘要】:通过对小容积风冷两门冰箱的系统进行分析,得出不同环境温度时冷藏、冷冻室系统冷量需求,风量分配比会因环境温度而变化,经过对差异进行分析可以得出所需的风口参数。通过对手板样机的测试、复验,结果表明,此方法还是有效,可以为概念及详细设计阶段时风道及系统设计提供数值参考,有利于提高产品开发的可靠性。

Abstract:

According to the specification of the refrigerator, we can calculate the thermo-loading of the highest ambient temperature on the basis of simulation, after we get those parameters, we can get the dimensions of the mechanical slider which being used to control the air flow in the air duct, those are critical factors to control the temperature of the refrigerators.

We can verify all those parameters by testing the prototype application. Adopting simulation, we can shorten the lead time of new product development, improving the reliability of development, reducing the riskness of investment, fastening the process of development. So simulation is meaningful and important to new product development.

【关键词】:滑片 仿真 数值计算 冰箱

Key Words: Simulation Calculation Slider Refrigerator

保鲜、节能、无霜、智能已成为冰箱行业发展趋势,无霜冰箱正逐渐成为市场销售的主流;根据中怡康数据监测,2018年无霜冰箱市场份额已近80%,无霜冰箱已成为消费者选择冰箱产品的首选。在行业竞争加剧的市场环境下,随着风冷冰箱向小容积产品渗透,各冰箱厂家均致力于开发低成本的小容积无霜冰箱。

采用滑片调节风门、电位器调温的无霜冰箱,因没有风门、没有电脑显示,具有较大的成本优势,在中、低端小容积风冷产品中应用比较多。因该产品没有风门来调节风量,通过机械结构来调控冷藏室的温度,如何设计滑片结构及如何来设置滑片结构的调节口大小,是该类产品开发中的关键。本文以公司开发的BCD-208WHDC小容积风冷冰箱为例,讨论如何通过计算方法,推导出系统所需的滑动档片结构参数。

一、 理论依据:^[1]

A、连续性方程

连续性方程是质量守恒定律在流体力学的具体表达方式,它的前提是流体采用连续介质模型,密度不变的液体通过横截面A并随空间坐标s变化,对于确定的s值不随时间t改变的情形时的连续方程:

$$A \cdot V = \text{常数 (其中 } V \text{ 为流速)} \quad \dots\dots (1)$$

B、Bernoulli 定理

在惯性系中,当理想液体在重力作用下作定常流动时,一定流线上各空间点对应的压强、流速不随时间改变时应满足:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \quad \dots\dots (2)$$

$$\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = \text{const} \quad \dots\dots (3)$$

也就是单位体积流体的压力能、重力势能、动能，在运动过程中，总和保持不变，也即总能量守恒。

二、风口及风口滑动调节片的关键参数选型：

BCD-208WHDC 风冷冰箱的气候类型为：ST，能效等级 2 级。

部 位	冷 藏 室					冷 冻 室				
	背 部	侧 板	门 体	顶 部	底 部	背 部	侧 板	门 体	顶 部	底 部
泡层厚度(mm)	60	58	56.5	57	52	92	89	83	52	80

表 1: 各间室发泡层参数

单位时间冰箱间室传入热量及风量可由公式 (4) 及式(5) 计算而得：

$$Q_c = K * A * \Delta T \quad \dots\dots (4)$$

$$Q_{fan} = C_p * \rho * Q * \Delta T \quad \dots\dots (5)$$

Q_c: 热量 (W/hr) A: 间室的传热面积 (m²) ρ : 密度

K: 传热系数 (W/m²hr°C) ΔT: 传热差 (°C) C_p: 热比容

K (传热系数) 值的确定: K 值的大小根据不同的传热材料而定, 箱体结构从内到外, 依次为 HIPS (或 ABS) 板、P/U 发泡层、钢板, 由于 HIPS (或 ABS) 板和钢板的厚度远小于 P/U 发泡层的厚度, K 值由公式 (6) 计算:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_c} + \frac{t}{\lambda_f} + \frac{1}{\alpha_w}} \quad \dots\dots (6)$$

α_c: 箱体对箱内空气的传热系数 (W/ m² · hr°C) t: P/U 发泡层的厚度 (m)

α_w: 周围空气对箱体的传热系数 (W/ m² · hr°C) λ_f: P/U 发泡层导热系数 (W/mhr°C)

单位时间通过冰箱门封条的传热可由如下公式 (7) 计算而得:

$$Q_{gasket} = K_g * L * \Delta T \quad \dots\dots (7)$$

K_g: 传热系数 (W/m² · hr°C) L: 门封条总长 (m)

间室总热负荷: 由如下公式 (8) 计算而得, 其中: 20% 是安全热负荷。

$$Q_{cabinet} = Q_c + Q_g * 0.2 \quad \dots\dots (8)$$

由式 (6)、(7)、(8) 的计算, 可以计算出表 2 所示的产品参数。

环温	R 室温度	F 室温度	箱负荷 (W)	风量 (Q _{R:F}) 比
38°C	4°C	- 18°C	47	0.23
10°C	4°C	- 18°C	18.6	0.067

表 2: 38°C 及 10°C 环境温度时系统参数

A: 冷藏室风道调节及风口参数:

在环境温度分别为 10 度和 38 度时, 对应表 2 中两种环境温度时的间室温度, 由式(5) 可以推算出系统风量, 按照表 2 计算结果表明, 在 38 度时系统负荷最大时, 对应的系统风量比时为: 0.23, 冷藏室需要的出风面积 S_{R_max} = 1520, 在环境温度为 10 度时, 对应系统出风面积, S_{R_min} = 520。

上述的计算结果表明, 两种环境温度条件, 系统负荷不同而且冷藏和冷冻相对的负荷量也发生的变化, 同比风量需求也不同。可以得出 ΔS_R = S_{R_max} - S_{R_min} = 1000 mm²;

在环境温度为 38 度时, 冷藏室的负荷比较高, 所需的风量最大; 当风口调节到最大时, 应满足系统所需的风量要求, 风道泡沫风口面积: S_{max} = 1520 mm², 当风口全开时可以满足 38 度冷藏所需的风量需求。

环温	R 室温度	F 室温度	箱负荷 (W)	风量 (Q _{R:F}) 比
5°C	4°C	- 15°C	R(3.7)F(12.0)	0.08
5°C	4°C	- 18°C	R(3.1)F(14.5)	0.06

表 3: 低环境温度时系统参数

B: 低温环境下冷藏室温度补偿需求:

表 3 是低环境温度条件下系统的参数, 在环境温度比较低时, 系统的热负荷很低, 特别是冷藏室制冷需求较少; 根据系统冷量分配, 进入冷藏室的负荷为: 7.4, 通过式 (4) 由已知负荷反向推出冷藏室温度已低于零度, 为 -1℃ 低了, 为了能满足用户低温时的冷冻食品的保鲜要求, 需要在低环境温度时, 对冷藏室温度进行补偿。

$$P_{\text{heater}} = \Delta Q / (\varepsilon * \vartheta) \quad \dots\dots (8)$$

P_{heater} : 加热丝补偿功率 (W/hr) ΔQ : 进入冷藏室内负荷与需求负荷差
 ε : 停机系数 ϑ : 传热效率:

$$\vartheta = 1 - \Delta t / 16 \quad \dots\dots (9)$$

Δt : 传热差 (°C) (16 为加热丝对应内胆表面温度)

其中: ε : 停机系数根据经验取值为 80%, Δt : 内胆内外表面传热温差: 5℃

$$\Delta Q = 7.4 - 3.7 = 3.7 \text{ (W)}$$

$$\vartheta = 1 - 5 / 16 = 0.69$$

$$P_{\text{heater}} = \frac{3.7}{(0.69 * 0.8)} = 6.7 \text{ (W)}$$

当加热丝功率大于 6.7 W 时, 可以满足冷藏室低温时的补偿要求。

三、BCD-208WHDC 的总体方案:

图 1 为 BCD-208WHDC 总体方案, 该产品的风系统循环如图 2 所示。蒸发风机把蒸发器的冷量带入冷藏室及冷冻室, 箱内的热量通过系统回风分别从冷藏回风管及冷冻回风口带回到冷冻风道内。滑动档片安装在冷藏室风道内, 通过卡扣固定在风道面板上。由节二得出的滑动调节档片及风口尺寸参数, 设计出了图 3 所示的冷藏风道结构, 通过滑动档片来调节风口的大小, 来控制冷冻室内的温度。

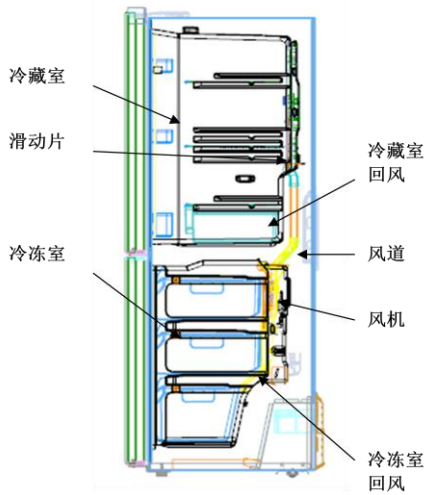


图 1: BCD-208WHDC 冰箱总体方案

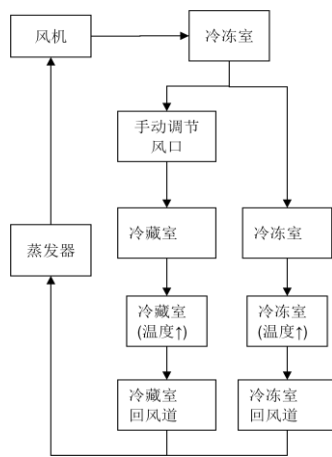


图 2: 风系统循环

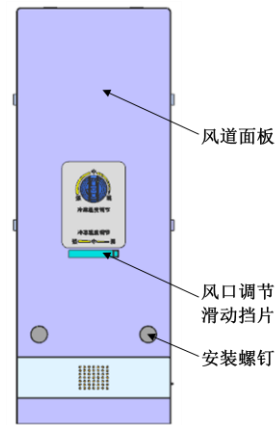


图 3: 冷藏风道总成

四、总结:

BCD-208WHDC 产品经过国标、企标等性能测试, 可以达到国标及企标的要求; 经过一年多时间的市场及用户检验, 市场反馈良好。开发之初的数值及仿真分析, 可以为实际产品开发提供比较好的指导, 可以大大减少后期风道结构的改模、修模工作, 缩短产品的测试周期及开发周期, 提高产品开发的可靠性。

参考文献:

1. 吴望《流体力学》北京出版社, 1983, 6^[1]

2. 郭凯, 陈旭峰, 张波, 袁秀玲, 《电冰箱制冷系统的优化设计》[J], 制冷与空调(北京), 2006, 6(5)
3. 段焕林, 陈爱东, 苗翠平, 张凤林 《电冰箱制冷循环优化措施计量与测试技术》[J]制冷与空调, 2007. 3
4. 吴业正《小型制冷装置设计指导》[M]. 北京;机械工业出版社: 1998