

文章编号: ISSN1005-9180 (2016) 01-011-05

无霜冰箱翅片蒸发器换热研究分析

李成武, 李 宇

(海信容声(广东)冰箱有限公司, 广东 528300)

[摘要] 通过对无霜冰箱翅片蒸发器换热系数理论的计算与实际的测试, 对比两者结果的数据差异, 从而修正计算参数。通过理论计算数据, 同时通过测试数据的分析, 研究影响换热系数的主要因素。

[关键词] 翅片蒸发器; 换热系数; 理论计算; 测试

中图分类号: TM925.2 文献标识码: A doi: 10.3696/J.ISSN.1005-9180.2016.01.003

The Convection Heat transfer of No-frost refrigerators' Fin-evaporator Research and Analytics

LI Chengwu, LI Yu

(Hisense Rongshen (Guangdong) Refrigerator Co., Ltd. Guangdong 528300)

Abstract: After theory calculation and actual test about no-frost refrigerators' fin-evaporator, analysis the different of data, and change the parameter of calculation. By the data of calculation, with the test data, research the key factor of effecting

Key words: Fin-evaporator; Convection heat transfer; Theory calculate; Test

0 前言

目前对换热的研究较多,但在实际使用中还是存在许多的问题,尤其许多的研究都与实际应用方面存在差异,研究的数据结果如何应用也无法具体了解,同时由于制造工艺的发展,有一些结构设计并不完全基于换热系数最优化设计,而且基于制造成本与生产效率等方面。

采用斜排式翅片蒸发器具有生产简单、效率高、无焊接、成本低等优点,在目前的冰箱制造行业中大量采用,但这种蒸发器的换热系数如何,研究的不多,同时还存在面对复杂的流体通风系统,

无霜冰箱的循环风量等的变化对换热的影响,实际换热数据与理论计算分析的结果偏差与影响因素分析,以及如何通过对换热数据的转换,更有利于计算机仿真计算的应用等问题。

本论文主要是基于上述问题,通过理论计算与实际测试结果的对比分析研究,寻找出目前常规采用无霜冰箱翅片蒸发器的换热系数确定方法。

1 理论计算

目前针对翅片蒸发器的换热系数计算有许多的经验公式,本论文主要是按文献 [1] 的方式进行计算。

收稿日期: 2015-10-9

作者简介: 李成武(1968-),男,教授级高工,主要从事冰箱节能和性能优化等研究。Email: Lichengwubx@hisense.com

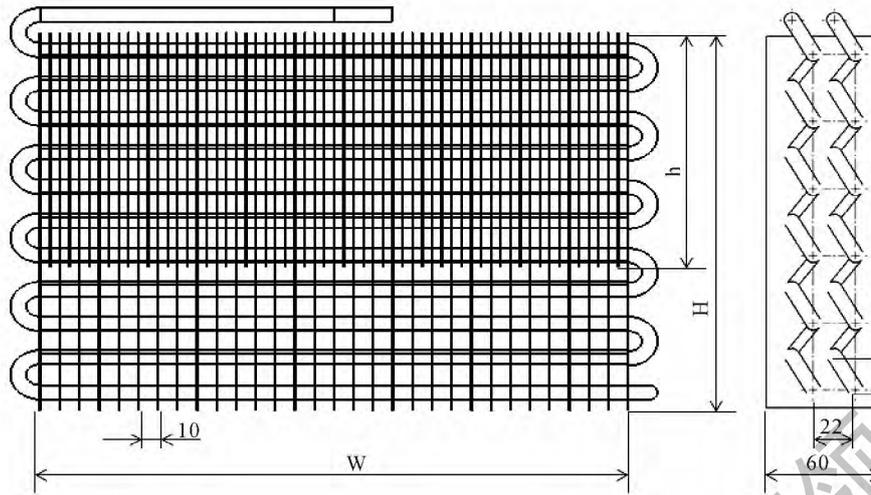


图 1 斜排翅片蒸发器结构图

理论计算的空气参数与实际测试的空气参数近似，数据见表 1。

表 1 空气参数表

项目	参数
空气温度 (°C)	22
空气相对湿度 (%)	43
运动粘度 (m ² /s)	15.3 × 10 ⁻⁶
导热系数 (W/m · K)	0.0258

所研究的蒸发器结构如图 1。

相关蒸发器参数见表 2。

表 2 蒸发器相关参数 单位: mm

宽度 W	高度 H	深度	短片高 h	长片间距
300	209	60	133	10
短片间距	管间距 1	管间距 2	管径	翅片厚
5	22	19	8	0.15

由于蒸发器翅片间距不同，在理论计算中分别按照密片区与疏片区分别计算，最后根据所占面积的比例进行综合计算。

当总风量为 60m³/h 时，可以按公式 (1) 进行计算^[1]，计算出结果如表 3。

表 3 蒸发器换热理论计算数据

参数	密片	疏片	
翅片面积 (m ²)	F_f	0.208	0.104
管外表面积 (m ²)	F_b	0.0244	0.0247
翅化系数	β	11.558	6.404
	F_i	0.2323	0.1287
	A_{min}/A_f	0.6173	0.6268
速度 (m/s)	V_{min}	0.9259	0.9259
	V_{max}	1.2626	1.2626
	W_{max}	1.5	1.477
管当量直径 (mm)	D_{eq}	7.948	13.607
雷诺系数	R_{ef}	779.216	1313.78
其它系数	K	16.734	6.394
	A	0.2356	0.3866
	C	0.2763	0.4039
	n	0.5604	0.4922
	m	-0.2177	-0.1749
换热系数 (W/m ² · K)	α_B	20.28	18.97
换热面积 (m ²)		1.0776	0.3344
综合换热系数 (W/m ² · K)	α_T	19.969	
交叉管换热系数 (W/m ² · K)	α_S	21.966	

公式 (1):

$$\alpha = \frac{C \cdot \lambda \cdot R_{ef}^n \cdot K^m}{D_{eq}} \quad (1)$$

式中:

$$K = H/D_{eq}$$

$$A = 0.518 - 0.02315 \cdot K + 0.000425 \cdot K^2 - 0.000003 \cdot K^3$$

$$C = A \cdot (1.36 - 0.00024 \cdot R_{ef})$$

通过上述的计算,可以算出在不同的风量下的换热系数,在通风循环风量确定后,可以计算出在蒸发器最小风速的影响下,此蒸发器的换热系数随风速的变化曲线,如图2。

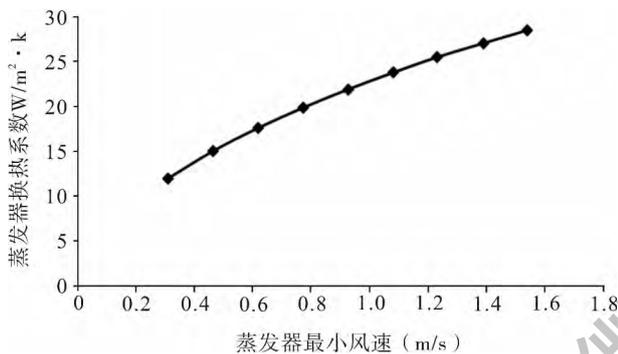


图2 翅片蒸发器换热系数理论计算曲线

2 实际测量数据

为测试蒸发器换热系数,建立如图3的测试装置,通过风洞改变不同的循环风量,了解空气流速对换热系数的影响,通过加热循环水建立温度差,了解在合理的温度差下尽量与冰箱制冷系统有相似的温度差变化范围,改变不同的温度差,研究这温度差对换热的实际影响,从而分析不同压缩机制冷量变化时产生的温度差对换热系数的影响。

蒸发器换热系数测试原理图如图3。

在试验装置中主要测试几个数据点:

(1) 在蒸发器的进口与出口进行了温度测试,通过温度差与循环水的流量计算热量变化。

(2) 在蒸发器的进风口与出风口进行布点测试温度,通过温度变化与循环风量计算热量的变化。

(3) 环境循环风的温度与湿度测量,计算空气的热力参数,同时通过风洞设备,测试风量与蒸

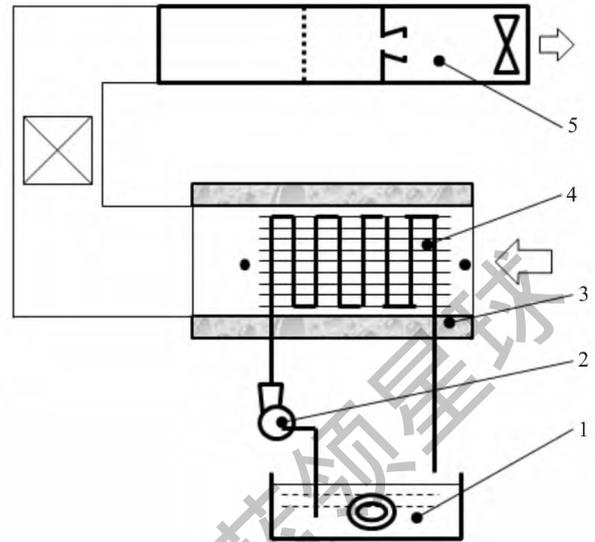


图3 翅片蒸发器换热系数测试装置

1-加热水箱; 2-循环水泵; 3-蒸发器保温材料;
4-被测蒸发器; 5-风洞装置

发器的阻力值。

(4) 循环水的循环通过水泵进行称量,本次试验为 25.617 g/s。

(5) 加热水箱温度控制,主要是调节蒸发器进水温度与进风温度差,了解不同温度差对换热系数的影响。

在测试过程中,通过对两种热量计算的结果对比,发现采用蒸发器进出口的温度差计算的热量明显小于通过对空气温度变化产生的热量,通过分析原因,主要是由于蒸发器中的进出管比较接近,在温度差不大的情况下,容易由于翅片间的金属导热产生测试的误差,而空气的温度则不受此因素的影响,因此在数据处理中主要是通过测试蒸发器进出空气的温度差与循环风的风量进行热量计算。

在蒸发器进水温度与空气进口温度的温度差约为 8.5℃ 的条件下,测试的结果如图4。

在同样的环境下,改变蒸发器进水温度与空气进入的温度差,测试的结果如图5。

上述数据显示,当蒸发管内的温度与空气温度的温度差在变化时,对换热系数的影响比较小,影响换热系数的主要因素是流过蒸发器翅片的空气速度。

在实际测试过程中,对不同的蒸发器分别进行了换热测试,发现不同蒸发器由于结构的不同,产

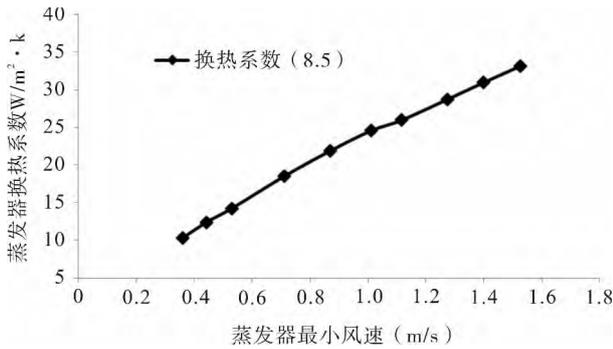


图4 翅片蒸发器换热系数实际测试曲线

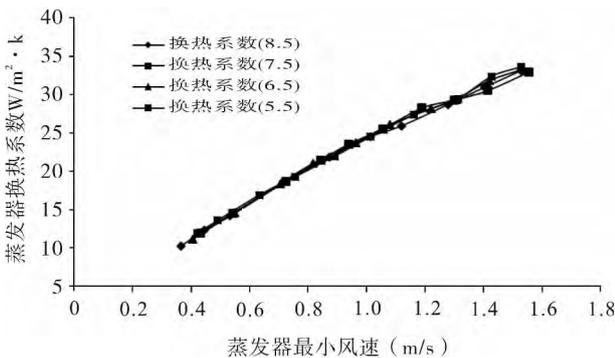


图5 不同温度差对换热系数影响曲线

生的换热系数也不同,比较难于从结构上进行寻找换热系数的变化规律。

3 数据对比分析

通过理论计算与实际的测试,进行数据对比分析,将图2与图4的数据进行合并后,结果如图6。

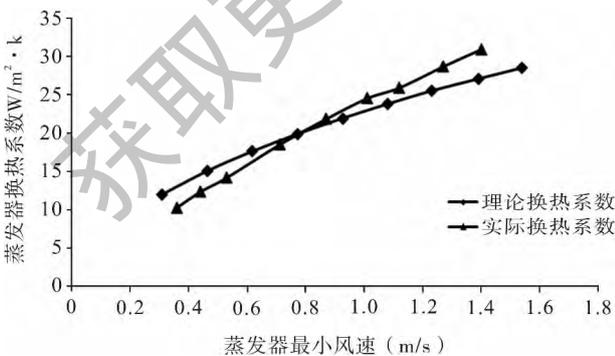


图6 翅片蒸发器换热系数理论与实测对比

从图6的数据可以发现,理论计算的数据与实

际测试的结果相差并不大,但曲线的斜率不同,实际的结果显示斜率要大于理论值,说明实际中的换热系数变化量高于理论的计算结果。

由于蒸发器的特殊性,尤其是翅片与蒸发管的接触等不同特点,这种差异性是存在的,说明所采用的理论计算公式的模型与目前的蒸发器之间存在差异。

另外,对于斜排蒸发器的结果是通过加大10%进行计算,为更好地使采用理论公式的计算结果与实际的测试相符合,可以在原计算的结果上进行斜率修改,如在公式(1)的计算结果进行修正,见公式(2)。

公式(2):

$$\alpha = 6.923 \cdot V_{\min} - 3.67 + \frac{C \cdot \lambda \cdot R_{ef}^n \cdot K^m}{D_{eq}} \quad (2)$$

采用公式(2)后的理论计算结果为修正后的换热系数。

分别对理论换热系数、实际换热系数、修正后的换热系数进行整合对比如图7。

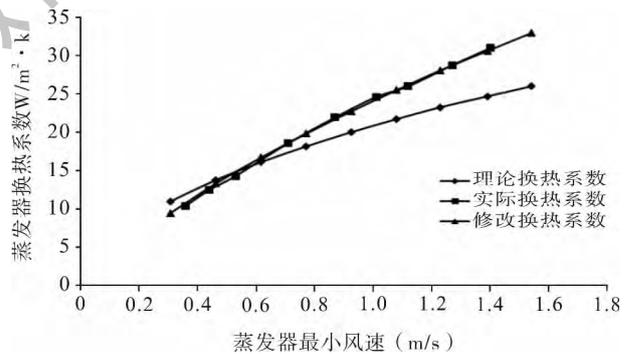


图7 翅片蒸发器换热系数修正后曲线对比

通过线性修正后,取消蒸发器结构差异10%的修正量,重新根据实际测试结果与理论结果进行修正,可以较好地利用目前的理论计算出蒸发器的换热系数。

经过修正后的曲线,可以得出相应的拟合曲线方程,从而通过对蒸发器的阻力与无霜冰箱的风道阻力曲线^[3],较好地计算出蒸发器的换热量。

由于试验是在加热的环境下进行,但实际冰箱是在低温环境下进行,在排除结霜对实际换热影响的前提下,当空气温度在-22℃时,通过理论计算

的结果偏差不大,但是通过相关文献的计算,低温下的换热系数比高温下的换热系数会高于4%^[2],这数据对于蒸发器的大体上影响并不大。

通过对其它不同结构尺寸的蒸发器进行验证试验,结果也显示出理论计算与实际的一致性。

4 结论

通过对蒸发器理论的计算与实际的测试,了解两组数据间的差异,通过对理论数据的修正,可以通过新的计算公式对目前特殊蒸发器换热系数进行比较准确的计算,同时通过对蒸发器的实际测试,

可以看出蒸发器的风速对换热系数的影响较大,而不同温度差对换热系数的影响较小。

5 参考文献

- [1] 张祉佑. 制冷原理与设备 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1986
- [2] J. P. Holman. 传热学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005
- [3] 李成武. 无霜冰箱翅片蒸发器通风阻力研究 [J]. 制冷, 2013, 32 (3): 1-6

· 广东省制冷学会团体会员 ·

广东一也节能科技有限公司

中央空调系统、节能改造、能源管理等总包

地址: 广州市天河区燕岭路120号金燕大厦712室

电话: (020) 37205798 邮编: 510507

深圳恒安冷气机电有限公司

经营空调设备销售、安装、维修

深圳市龙岗区布吉龙岗大道佳兆大都汇C座1409C室

电话: (0755) 81419363 邮编: 510380

汕尾市弘竣机电设备安装有限公司

制冷设备销售, 压力管道、锅炉等安装

地址: 广东省汕尾市城区城内路永昌大厦3号南边

电话: (0660) 3223168 邮编: 516600

广州旺邦机电工程有限公司

中央空调、机电设备安装、维修保养服务

地址: 广州市天河区棠下荷光五横路3号07房

电话: (020) 38075230 邮编: 510665

广州市恺力机械有限责任公司

制冷设备代理, 制冷工程安装、维修

地址: 广州市荔湾区海南村南岗西约458号三栋一层

电话: (020) 81419363 邮编: 510380