

# 微通道换热器在冰箱中的应用研究

盛伟<sup>1</sup>, 高相启<sup>2</sup>, 孙好雷<sup>1,3</sup>, 裴阳<sup>1</sup>, 王跃河<sup>2</sup>

(1-河南理工大学; 2-河南新科隆电器有限公司; 3-新飞电器有限公司)

**摘要** 为了研究微通道换热器在冰箱中的应用, 搭建了微通道换热器作为蒸发器的制冷系统装置, 采用红外线热成像仪对结霜工况下蒸发器表面温度分布进行了观测, 并对系统性能进行了测试。结果表明, 平行流微通道蒸发器的流程设置对结霜状况影响较大, 结霜会导致换热器内部制冷剂分布的不均匀性问题, 实验进行 180 分钟后蒸发器换热量下降 2.34%, 系统 COP 下降 4.76%。

**关键词** 微通道换热器 冰箱 结霜 红外线热成像仪

## RESEARCH ON MICRO CHANNEL HEAT EXCHANGER FOR APPLICATION IN REFRIGERATOR

SHENG Wei<sup>1</sup> GAO Xiangqi<sup>3</sup> SUN Haolei<sup>1,2</sup> PEI Yang<sup>1</sup> WANG yuehe<sup>3</sup>

(1. School of mechanical and power engineering, Henan Polytechnic University Jiaozuo 454000; 2. Henan Xin Kelong Electric Co. Ltd Xinxiang 453002; 3. Henan Xinfei Electric Co. Ltd Xinxiang 453002;)

**Abstract** In order to study the application of the microchannel heat exchanger in the refrigerator, the micro channel heat exchanger is used as the evaporator's refrigeration system. The infrared thermal imager is used to observe the surface temperature distribution of the evaporator under the frosting condition, and the performance of the system is tested. The results show that the flow setting of the parallel flow microchannel evaporator has a great influence on the frosting condition, and the frosting will lead to the inhomogeneous distribution of the refrigerant in the heat exchanger. After 180 minutes, the heat transfer of the evaporator decreases by 2.34%, and the system COP decreases by 4.76%.

**Keywords** Micro channel heat exchanger; Refrigerator; Frost formation; Infrared thermal imager

## 0 前言

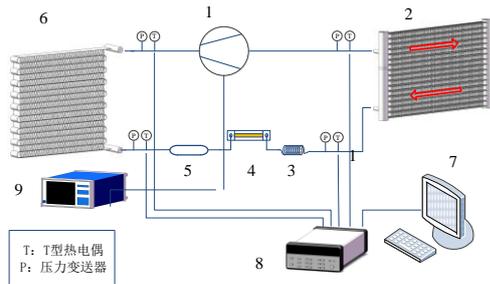
微通道换热器具有结构紧凑、传热效果好、制冷剂充注量少等优点, 在冰箱蒸发器和冷凝器的应用方面具有很好的潜力和前景。但是由于微通道换热器翅片间距小, 其应用为蒸发器所存在的霜堵问题限制了它的使用<sup>[1]</sup>。

目前在实验<sup>[2,3]</sup>、数值模拟<sup>[4]</sup>, 表面处理抑霜<sup>[5]</sup>等方面已经开展了微通道换热器作为蒸发器的研究。主要结论为采用两流程换热器换热性能更好, 结霜会导致空气侧换热系数下降, 亲水表面处理比疏水表面更适用于微通道换热器, 同时换热器内的制冷剂分布是影响表面结霜的主要因素。文献<sup>[6]</sup>对比研究了微通道换热器在三种工况下结霜性能, 结果表明在凝露结霜工况和结露工况下换热器换热量和压损的绝对值变化不大, 在凝华工况下换热器的

压损增大, 换热量明显减小。同时低温换热器抑霜方面的研究也陆续展开, 并提出了各种抑霜的可能方法<sup>[7]</sup>。

为了进一步弄清楚微通道换热器作为蒸发器结霜对制冷系统的影响, 以及其在冰箱中的可能应用, 本文在搭建了微通道换热器作为蒸发器的制冷系统装置实验台基础上, 结合红外线热成像仪对结霜工况下蒸发器表面温度分布进行了观测, 并研究蒸发器的结霜性能对制冷系统的影响。

## 1-实验设备及装置



1. 压缩机 2. 微通道蒸发器 3. 毛细管 4. 液体转子流量计 5. 干燥过滤器 6. 微通道冷凝器 7. 采集计算机 8. 数据采集仪 9. 功率表 10. 体视显微镜

图 1 实验装置图

实验装置图如图 1 所示，该系统共分为三个部分：制冷系统（主要包括：压缩机、平行流式微通道蒸发器、蛇形微通道冷凝器、毛细管、干燥过滤器等）；数据采集系统（主要包括：T 型热电偶、压力变送器、流量计、功率表、数据采集仪等）；图像采集系统（主要包括：红外热像仪、PC 终端等）。

实验用压缩机额定功率 50W。毛细管直径 1mm。数据采集仪型号 Agilent 34970A，测量仪器的参数见表 1。实验用平行流微通道换热器总换热面积 0.8072m<sup>2</sup>。该换热器分为两个流程，其中流程 1 具有 6 根扁管，流程 2 具有 9 根扁管，换热器的详细参数见表 1。

表 1 换热器几何参数

空气侧总面积	0.6512m <sup>2</sup>	翅片厚度	0.1mm
扁管宽度	12mm	翅片深度	12mm
扁管厚度	2mm	翅片高度	8mm
扁管长度	200mm	翅片间距	1mm
扁管数量	15	百叶窗长度	6mm
集流管外径	16mm	百叶窗间距	1mm
集流管高度	170mm	百叶窗角度	19°

## 2 蒸发器结霜的红外热成像分析

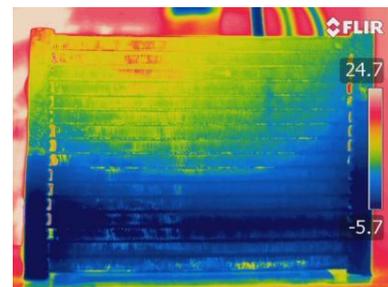
图 2 为红外热像仪测得蒸发器温度场分布图。从图中可以看出，换热器上部和下部温差较大，上半部分温度分布均匀性较差，且各扁管温度差异较大，越靠近下半部扁管温度越低。随着霜层增长，下半部分内温度分布更加均匀，上半部分温度逐渐降低。这是由于在下半部分内霜层不断变厚，换热器下半部分与空气的换热性能逐渐下降，制冷剂进入上半部分的温度降低，导致换热器上半部分温度下降。

对蒸发器的扁管自下向上进行编号，将每根扁管沿制冷剂流动风向分为 20 个相等的单元，用红外热象仪检测扁管的温度变化。图 3 为换热器各扁管表面温度随时间的变化关系。下半部分内扁管的温度随时间逐渐升高，而上半部分内扁管的温度随时间逐渐降低，换热器上下部分之间扁管表面温差较大。

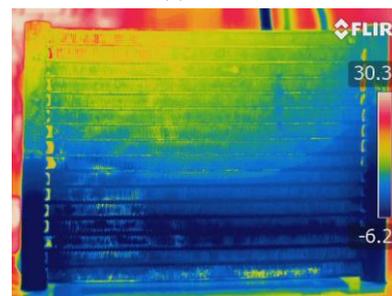
## 3 制冷系统的性能分析

图 4、图 5、图 6 分别为蒸发器换热量、压缩机功率、系统 COP 随时间的变化关系。从图中可以看出，实验前期，蒸发器换热量逐渐下降，60 分钟后趋于稳定，压缩机功率一直呈上升趋势，系统 COP 逐渐下降。在实验前期，翅片霜层的快速增加对换的热阻逐渐增大，上半部分换热量占总换热量的比重逐渐增大，霜层厚度对换热器换热量影响逐渐减小。实验进行 180 分钟后蒸发器换热量下降 2.34%，系统 COP 下降 4.76%。

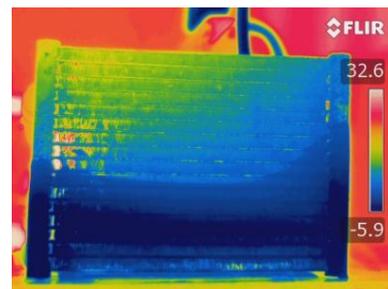
热器换热量影响较大，60 分钟后，霜层增长速率下降，且上半部分内的翅片没有结霜，随着下半部分



(a) 60min



(b) 120min



(c) 180min

图2 温度场分布

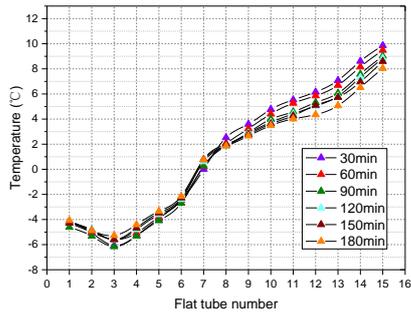


图3 各扁管平均温度

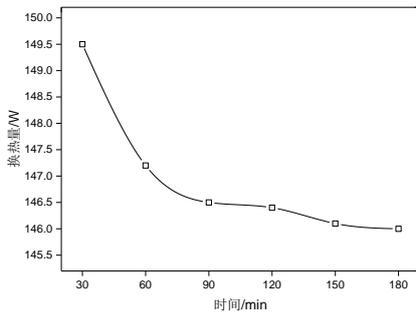


图4 蒸发器换热量

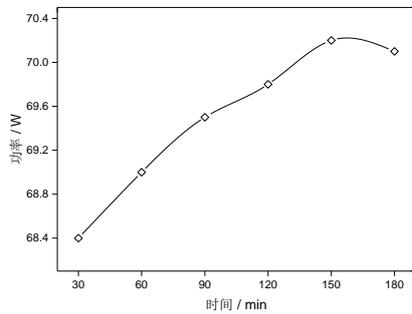


图5 压缩机功率

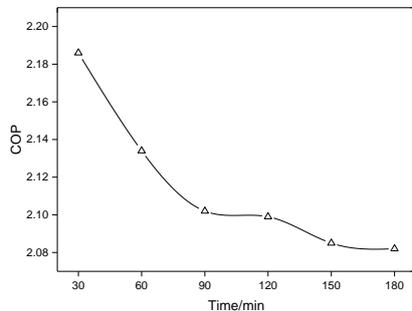


图6 系统 COP

统装置，采用红外线热成像仪对结霜工况下蒸发器表面温度分布进行了观测，并对系统性能进行了测试。主要结论如下：

(1) 平行流微通道蒸发器的流程设置对结霜状况影响较大。实验3个小时后，下半部分内的翅片通道几乎被霜堵塞，上半部分内的翅片未出现结霜状况。

(2) 结霜对平行流微通道换热器的温度场的影响较大，随着结霜量的增加，温度分布均匀性下降。

(3) 在实验前期，霜层增长速度较快，对换热器及整个系统的影响较大，当霜层达到一定厚度后，霜层增长速率变慢，系统逐步趋向稳定。实验进行180分钟后蒸发器换热量下降2.34%，系统COP下降4.76%。

### 参考文献

- [1] 盛伟,李伟钊,刘鹏鹏,等. 抑制冷表面结霜的研究进展[J]. 制冷与空调,2016,(11):1-7
- [2] 赵宇,祁照岗,陈江平. 微通道平行流蒸发器流程布置研究[J]. 制冷学报,2009,(01):25-29.
- [3] Wu Jianghong,Ouyang Guang,Hou Puxiu,et al. Experimental investigation of frost formation on a parallel flow evaporator[J]. Applied Energy, 2011,88(5):1549-1556.
- [4] Breque F,Nemer M. Modeling of a fan-supplied flat-tube heat exchanger exposed to non-uniform frost growth[J]. International Journal of Refrigeration,2017,75:129-140.
- [5] 刘鹿鸣,施骏业,王颖,等. 表面处理对微通道换热器湿工况性能及长效特性的影响 [J]. 制冷学报,2014,(04):53-57.
- [6] 盛伟,刘鹏鹏,丁国良. 微通道换热器结霜性能的试验研究[J]. 流体机械,2017,45(01):60-65.
- [7] W. Sheng, P. Liu, C. Dang and G. Liu, Review of restraint frost method on cold surface, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79 (2017) 806-813.

## 4 结论

本文搭建了微通道换热器作为蒸发器的制冷系