

# 冰箱用蒸发器换热性能和压降实验研究

杜鹏飞

(青岛大学 山东 青岛 266000)

摘要:为了评估不同工况下冰箱换热器的性能,以 R134a 为工质以开发的冰箱换热器性能测试系统为平台,研究不同工况下换热器的换热性能和压降。测试蒸发器为全铝翅片管式风冷蒸发器。实验研究的制冷剂质量流量范围为 0.75~2.04g/s,蒸发压力为 0.13~0.26Mpa,蒸发干度分别为 0.2、0.3、0.4、0.5。实验表明干度和饱和压力对蒸发器的换热性能和压降有较大影响。

关键词:换热器;冰箱;R-134a;性能测试

中图分类号:TB657.4 文献标识码:A

文章编号:2096-4390(2019)12-0026-02

通过研究不同工况下冰箱换热器的换热性能,选择最佳的换热工况可以极大地提高能源利用率。国内外学者对于换热管的表面结构<sup>[1]</sup>、几何形状<sup>[2]</sup>、热导率和制冷剂类型<sup>[3-5]</sup>等对换热性能的影响做了大量的研究,但是对于换热器整体的性能研究尤其是针对小流量的冰箱换热器的研究还寥寥无几。由此我们以冰箱换热器性能测试平台为基础,以翅片管式蒸发器为例研究不同工况下换热器的性能变化。

## 1 实验测试系统

实验测试系统如图 1 所示,由测试循环和两个温控子系统(压缩机系统)组成。测试循环由齿轮泵驱动,由质量流量计、过冷器、测试段、板式换热器、储液罐和过滤器等组成。测试蒸发器时,板式换热器温控系统和储液器温控系统(球阀 V5 打开、V6

关闭)打开,通过过冷器和直流电加热器控制蒸发器的入口温度。测试冷凝器时,储液器控温系统(球阀 V5 关闭、V6 打开)打开,板式换热器温控系统关闭,通过蒸发电加热器控制冷凝器的入口温度。

通过恒温水槽控制储液罐 A 的压力从而控制测试换热器的测试压力,通过调节齿轮泵的转速控制测试循环的制冷剂流量。测试蒸发器采用了冰箱中常用的全铝翅片管式风冷蒸发器如图 2 所示,铝管直径为 8mm,翅片厚度 0.2mm,翅片采用变间距布置,变化范围 5.6~28.1mm,空气侧换热面积为 0.686m<sup>2</sup>。质量流量由德国 RHONIK 微小流量计测量,精度为 0.12%。压力采用 GE 德鲁克压力传感器测量,精度为 0.04%。实验所用温度传感器是精度为 0.15%的 Pt100 温度传感器。(转下页)

## 2.4 电磁铁驱动电路

给料、分拣用电磁铁参数为 24V、0.3A,输出参数 5N、行程 10mm。驱动信号由单片机发出,经过图 6 驱动电路中光耦控制 Q1-TIP120 进行控制电磁铁吸合与分断。电磁铁线圈两端反向并联的二极管 D6 作用是吸收尖峰电流。

## 3 软件设计

控制系统编程采用 KeilC51 软件 C 语言进行,在功能、结构、可读性、可维护性等方面有很多优点,可以在较短时间内完成程序开发。控制系统控制流程:震动料斗料满、料空检测控制上料,驱动步进电机将杏核送入挤压钳口,采集杏核开口时声电转换的电压,电压低于设定阈值将判定杏核开口失败,控制分拣电磁机构将杏核送入失败料盒中,若开口成功则杏核进入成功料斗,步进电机再次送料。本项目采用步进电机采用程序设定的速度 40°/S 进行送料。出料传感器信号给定后步进电机控制送料吸管将杏核送到挤压钳口位置后,送料吸管按设定速度自动回到原位。STC15W4K32S4 单片机 ADC 接口设置 30KHz 速率采集杏核开口的声音信号,经过软件滤波、计算得到杏核开口成功的电压信号,将开口失败的杏核进行筛选。

## 4 结论

通过实地装机试验,经过连续 5 天的稳定性测试,全自动杏核开口机控制系统可以很好的完成全自动杏核开口机的系统控制,保证杏核开口成功,同时通过软件识别方式将开口失败的杏核进行分拣。

系统缺点没有配置控制面板进行速度调整、开口失败识别

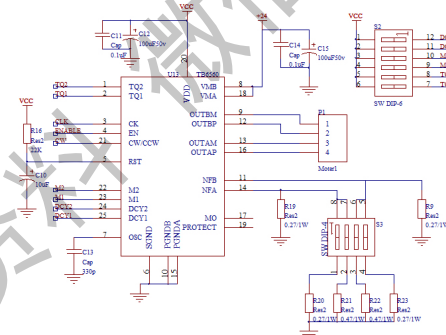


图 5 步进电机驱动电路

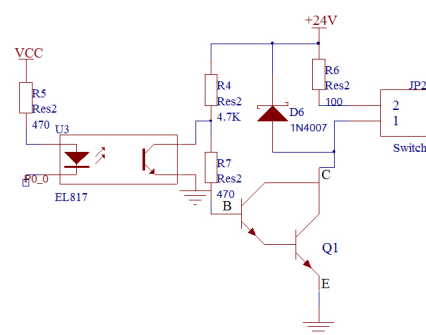


图 6 电磁铁驱动电路

度调整以及杏核开口率统计等功能,留作后期在升级扩展功能。

## 参考文献

- [1]何宾.STC 单片机原理及应用[M].北京:清华大学出版社,2015.
- [2]徐爱钧,徐阳.STC15 单片机原理及应用[M].北京:电子工业出版社,2016.
- [3]丁向荣.STC15 单片机原理及应用:基于 STC15W4K32S4 系列单片机[M].北京:清华大学出版社,2015.
- [4]韩如涛.仁用杏杏核开口机的研制.河北:河北科技大学.
- [5]马志贤.全自动杏核开口机[J].中国专利,ZL201210301346.6.2012-08-23
- [6]谢宝昌,任永德.电机的 DSP 控制技术及其应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005

作者简介:孟宪华(1986,7-),男,辽宁凌源人,助理工程师。研究方向:电子工程、嵌入式方向。

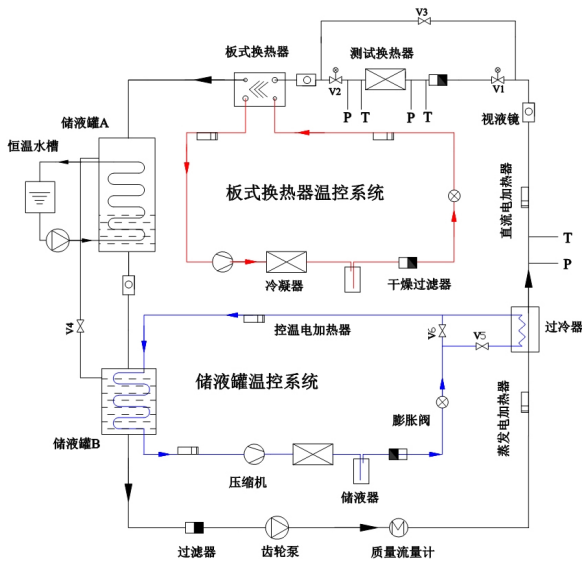


图 1 实验测试系统



图 2 测试蒸发器

2 数据处理

蒸发器的整体传热系数由式(1)所得,其中 $Q_E$ 为蒸发器的吸热量, $F_{Ea}$ 为蒸发器的换热面积。

$$k_E = \frac{Q_E}{F_{Ea} \Delta t_{Em}} \quad (1)$$

蒸发器的吸热量由式(2)确定,其中 $q_E$ 为制冷剂质量流量, $h_{E,2}$ 和 $h_{E,1}$ 分别为蒸发器出口焓值和直流电加热器前制冷剂焓值,分别由蒸发器出口温度压力和节流前温度压力确定, $P$ 为直流电加热器功率。

$$Q_E = q_E (h_{E,2} - h_{E,1}) - P \quad (2)$$

蒸发器的蒸发干度由式(3)确定。其中 $h_l$ 和 $h_v$ 分别为饱和压力下对应的饱和液焓值和饱和气焓值, $h_i$ 为蒸发器入口制冷剂焓值,由式(4)确定,其中 $h_p$ 为过冷器后制冷剂焓值。

$$\lambda_E = \frac{h_i - h_l}{h_v - h_l} \quad (3)$$

$$h_i = P / q_E + h_p \quad (4)$$

3 换热性能分析

实验研究了干度和饱和压力对蒸发器传热系数的影响。图3是饱和压力为0.26Mpa,干度分别为0.2、0.3、0.4、0.5时传热系数随流量的变化。从图中可以看出传热系数随流量的增加而增大。流量增加湍流加剧,流体粒子间的相互作用加强,传热系数增大。相同流量下蒸发器传热系数随蒸发器入口干度的增加而减小。随着蒸发器制冷剂入口干度的增加,蒸发器出口过热度增加,冷热流体温差降低,传热系数减小。

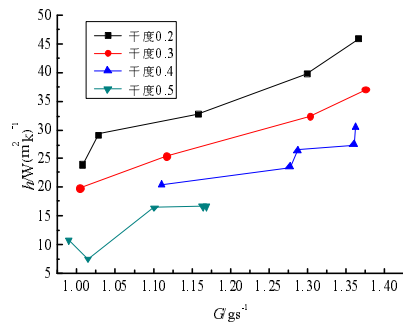


图 3 传热系数在不同干度下随流量的变化

图4是不同饱和和压力下传热系数随流量的变化。从图中可以看出同一饱和压力下传热系数随流量的增加而增大,相同流量下传热系数随饱和压力的减小而增大。饱和压力为0.15Mpa时,在所研究的流量范围内传热系数最大能达到 $77.8W/(m^2K)^{-1}$ 。饱和压力减小对应的饱和温度减小,对流换热温差增大,传热系数增大,此时对流换热机制占主导。

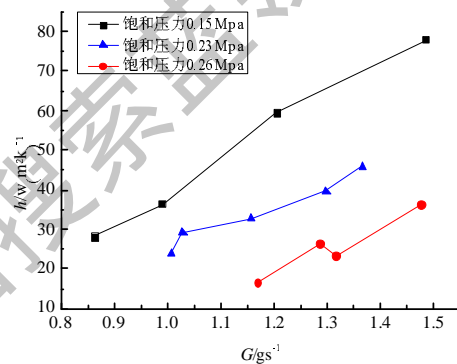


图 4 不同饱和压力下蒸发传热系数随流量的变化

4 结论

实验研究了饱和压力和干度对翅片管式风冷蒸发器换热性能的影响。实验表明,随着流量的增大,传热系数增大。相同流量下蒸发器传热系数随蒸发器入口干度的增加而减小,随饱和压力和压力的减小而增大,蒸发压降随干度增加而增大,随饱和压力的增大而减小。

参考文献

[1]Chuang-Yao Zhao, Wen-Tao Ji, Pu-Hang Jin, Ying-Jie Zhong, Wen-Quan Tao, The influence of surface structure and thermal conductivity of the tube on the condensation heat transfer of R134A and R404A over single horizontal enhanced tubes, Applied Thermal Engineering 125 (2017) 1114-1122  
 [2]Na Liu, Junming Li, Experimental study on condensation heat transfer of R32, R152a and R22 in horizontal minichannels, Applied Thermal Engineering 90 (2015) 763-773  
 [3]W.T. Ji, C.Y. Zhao, D.C. Zhang, Z.Y. Li, Y.L. He, W.Q. Tao, Condensation of R134a outside single horizontal titanium, cupronickel (B10 and B30), stainless steel and copper tubes, Int. J. Heat. Mass. Transf. 77 (2014) 194-201.  
 [4]D.C. Zhang, W.T. Ji, W.Q. Tao, Condensation heat transfer of HFC134a on horizontal low thermal conductivity tubes, Int. Commun. Heat Mass 34 (2007) 917-923.  
 [5]M. Shafaei, H. Mashouf, A. Sarmadian, S.G. Mohseni, Evaporation heat transfer and pressure drop characteristics of R-600a in horizontal smooth and helically dimpled tubes, Applied Thermal Engineering 107 (2016) 28-36

作者简介:杜鹏飞(1993-),女,山东青岛人,硕士研究生,主要研究方向为冰箱换热器性能测试系统。