

板翅式换热器作为房间空调器蒸发器的试验研究

东南大学动力系 张小松 周乐平

摘 要 针对房间空调器换热器的特点和要求,用R22作工质对板翅式换热器进行了作为房间空调器蒸发器的试验研究,侧重研究了板翅式空调蒸发器的传热和压降特性,并与普通房间空调器的换热器的特性进行了比较。实验结果表明,板翅式换热器作为房间空调器蒸发器时,其传热性能比普通房间空调器的换热器高2~3倍左右。这些研究和分析对房间空调器的换热器优化设计具有重要的意义。

关键词 板翅式换热器 房间空调器 蒸发器 R22 试验研究

换热器作为空调器中的重要组成部分,多以管翅式的形式得以应用。但在诸如汽车、火车和轮船等交通工具中的空调和制冷系统中,由于对系统的紧凑性有效高的要求,使管翅式换热器有时难以满足。房间空调器中的换热器也由于空间和换热效率等的影响而有着很高的要求。目前的共识是,提高换热器的紧凑性指标是减少空调和制冷系统所占空间的重要措施。若能使紧凑性指标和换热效率都得以较大提高,则可以使空调换热器的研究得以更大的进展。然而就管翅式换热器而言,其紧凑性和换热性能都难以有很大的改进。以往应用于空分装置中的板翅式换热器,在这两方面都有较高的指标(一般其单位体积的换热面积约为管翅式换热器的2~5倍),但将其应用于房间空调器中则少有报导。

要使板翅式换热器成功地应用于制冷和空调制冷系统,就必须进行很多的试验研究工作。Kays和London^[1]等人对板翅式换热器做了大量的试验研究,得到了许多有关换热器及翅片表面性能的试验数据。但由于以前的板翅式换热器多针对空分等低温装置,将板翅式换热器用于空调和制冷系统时,换热器的运行工况有较大的差异,数据难以直接引用。为此,作者等已就水作为工质进行了若干模拟试验研究工作^[2],取得了可喜的效果。本文对板翅式换热器

用于房间空调蒸发器的可行性进行了初步的试验研究。

1 试验系统简介

为获得板翅式换热器用于空调与制冷系统中的传热特性数据,设计了一套换热器试验台系统,并完成了将板翅式换热器用做房间空调器蒸发器的换热特性的试验研究。

1.1 换热器试验台系统

该实验系统能在较大范围内为换热试件提供所需的制冷剂状态和流量。实验系统包括三个部分:(1)热压缩循环系统(如图1所示)^[3],是一个可向蒸发或蒸发试件提供可变制冷剂流量的热模拟系统,并能提供实验所需的制冷剂状态;(2)空气循环系统(如图2所示),能提供实验所需的空气流量;(3)数据采集与微机测试系统,进行状态自动控制和自动巡回检测及数据处理。

空气循环系统为一直流式风洞,其示意图如图2所示。空气经过风洞的送风孔板和入口段后流经被测试换热器和各测量元件与测量装置后由引风机引出。引出的风再经降温去湿、加热和加湿等处理过程后,由送风机经送风孔板将所需状态的空气送回送风室。换热器迎面风速由变频器调节风机的转速而实现。

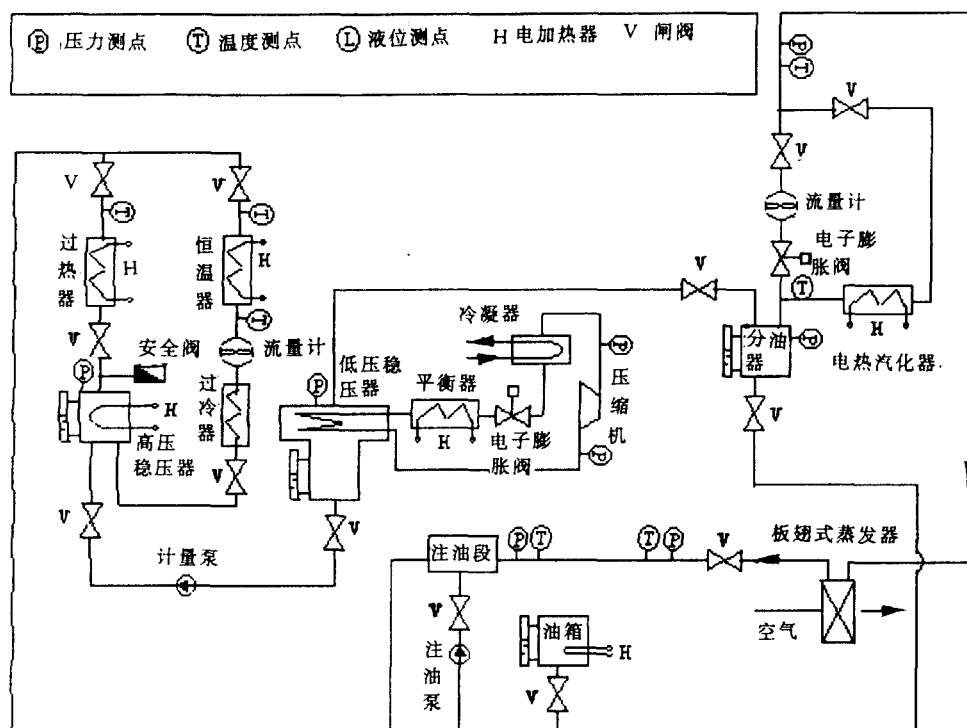


图1 热压缩循环的系统图

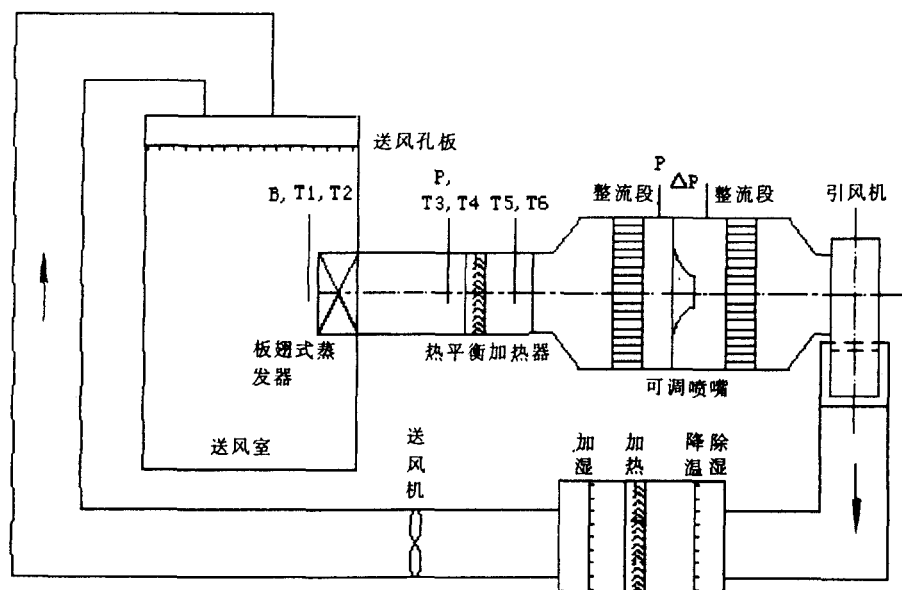


图2 空气循环系统图

1.2 试验换热器

为了实测板式翅式换热器用于制冷空调和制冷系统时的运行性能。配合已有的空气系统,笔者设计了用于试验的模型换热器。换热器的空气侧和气侧都选用平直翅片,其单元结构尺寸如图 3 及表 1 所示。考虑到制冷剂侧与空气侧对流放热系数有较大差异,因此试验模型通道大小设计为 1:2。

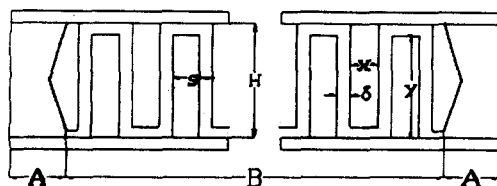


图 3 单元结构尺寸图

表 1 换热器结构尺寸

尺 寸	制冷剂侧	空气侧
翅片高度 H (mm)	9.5	4.7
翅片厚度 δ (mm)	0.2	0.3
翅片间距 S (mm)	1.7	2.0
翅片内距 X (mm)	1.5	1.7
翅片内高 Y (mm)	9.3	4.4
单元的有效长度 L_e (mm)	110	240
单元的有效宽度 B (mm)	215	80
当量直径 d_e (m)	0.00258	0.00245
每层通道的有效截面积 f_i (m ²)	0.0017648	0.00030
每层通道长度为 1m 时的传热面积 A_i (m ²)	2.731	0.488
二次传热面积与总传热面积之比	0.861	0.721
总通道数	19	20
换热器的有效传热面积 A (m ²)	5.7086	2.34

2 试验过程

实验时,由低压稳压器来控制蒸发压力,从而调节控制并保持蒸发温度稳定,由电子膨胀阀来控制蒸发管出口的过热度并保持恒定,由空气与 R22 的温差来决定大体的热流密度。然后不断改变空气侧流量(调节迎面风速),电子膨胀阀会自动调节开度以改变制冷剂流量,使出口过热度在允许的范围内(见表 2),系统达到稳定后,数据采集系统中所有的测量点将被每隔 12s 扫描一次。共连续测试 12min,取平均值。通过比较制冷剂和空气侧换热量来判断所测结果是否有效。

3 数据处理

制冷剂 R22 侧由直测的出口温度、通过计算软件自动求出焓值:

$$h=f(p, T) \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\text{换热量} \quad Q_r=G\Delta h \quad (\text{kJ/s})$$

式中 G ——制冷剂质量流量, kg/s

表 2 制冷剂状态参数范围和测控精度

实验工况参数	参数范围 (°C)	测控精度 (°C)
蒸发器蒸发温度	0~9	±0.5
蒸发器出口过热度	2.2~4.8	±1.0

空气侧换热量用“风管量热计法”^[4]由涡轮流量计直接测出后求得:

$$Q_a=N+\Delta Q \quad (\text{kW})$$

式中 N ——热平衡加热器的电功率, kW

ΔQ ——风管量热计法的修正值

入稳判据为:

$$\frac{|Q_r-Q_a|}{(Q_r+Q_a)/2} \leq 4\%$$

其中 $(Q_r+Q_a)/2=Q_{ave}$ 为平均换热量。这样,换热器的传热系数为:

$$k=Q_{ave}/(F\Delta t_m)$$

式中 F ——换热器的实际传热面积, m^2

Δt_m ——制冷剂侧和空气侧的传热温差,

$$\Delta t = |t_{a,ave} - t_r|$$

$t_{a,ave}$ ——空气侧平均温度

t_r ——制冷剂饱和温度 (即蒸发温度)

4 试验结果

在不同的空气流速下进行了蒸发实验, 蒸发温度分别控制在 0°C 和 6°C 左右。最后得到的有效实验数据经过整理后得到换热系数 k 随空气流速 V_a 变化的关系曲线, 如图 5 所示。对试验数据进行了回归分析, 可得其换热准则方程为:

$$k = 22.793 V_a^{1.84578} \quad (t_e = 0^\circ\text{C})$$

$$k = 27.5993 V_a^{1.69759} \quad (t_e = 6^\circ\text{C})$$

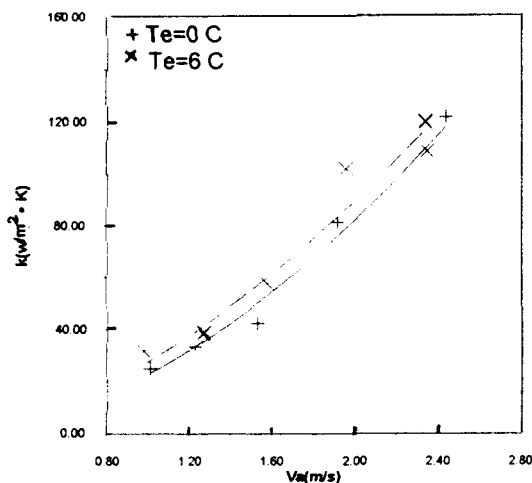


图 5 R22 在板翅式换热器中蒸发试验 $k \sim V_a$ 图

由实验结果可以看出, 该换热器的换热系数较高, 一般在 $40 \sim 120 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 左右, 在相同条件下比普通换热器的高出 $2 \sim 3$ 倍左右 (管翅式换热器在对数传热温差为 $12 \sim 14^\circ\text{C}$ 时的换热系数一般在 $30 \sim 40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 左右^[5]。这主要是由于蒸发器的单位换热面积增大使得换热过程增强的缘故。另外, 还进行了蒸发温度为 9°C 左右的试验, 试验结果与以上试验的接近。

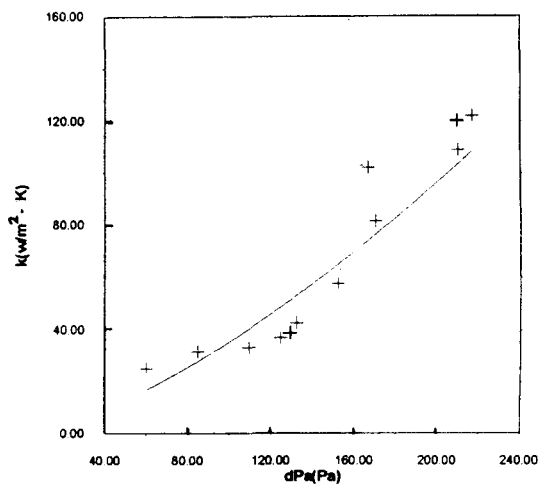


图 6 R22 在板翅式换热器中蒸发试验 $k \sim dP_a$ 图

图 6 给出了有关阻力特性的实验数据, 并获得了阻力 dP_a 与换热系数 k 之间的关系式为:

$$k = 0.0460126 dP_a^{1.44287}$$

结果表明该试件的实测压降的绝对值较大。这是由于本试验的试件较长, 从而使阻力绝对值较高, 但相对值增加并不太多, 其阻力系数较管翅式高约 50% ^[6], 因此只要结构设计合理, 是不会影响其应用价值的。

5 结论

本文对板翅式换热器进行了作为房间空调器换热器的蒸发换热特性的试验研究, 得到了板翅式换热器作为房间空调器蒸发器的运行数据以及空气侧对流换热性能的准则关系式。结果表明在相同条件下, 板翅式换热器作为蒸发器相对于管翅式换热器, 其换热系数可以提高 $2 \sim 3$ 倍左右。当然空气侧压降亦有所增加。

试验结果表明, 板翅式换热器作为空调蒸发器是完全可行的; 而所获得的传热和阻力特性的实验数据及关系式, 可为今后板翅式蒸发器在空调与制冷行业中推广应用提供设计参考。

由于各种限制, 本实验得到的数据还不够丰富, 建议以后继续进行该实验, 得到更多的

实验数据, 以求得到精确的对流换热系数的准则关系式, 并用分离换热器两侧流体对流换热系数的寻优算法以提高计算精度。另外, 应尽快将其放到空调器系统中进行试验研究以积累经验。

参考文献

- 1 Kays W M, London A L. Compact Heat Exchangers. McGraw Hill, New York, 1958
- 2 Zhan Xiaosong, Li Shuhong, Zhao Kaitao. The heat transfer characteristics of plate-fin heat-exchanger in the field of refrigerant and air-conditioning. Proceeding of ICCR 98, Hang Zhou, 1998; 324~327
- 3 赵开涛等. 换热实验台制冷剂供应系统的研究, 东南大学学报, 1998; 28 (26): 29~33
- 4 张宝怀, 张小松, 杜垲. 测定房间空调性能的风管量热计. 东南大学学报, 1994; 24: 96~99
- 5 陈沛霖, 岳孝芳. 空调与制冷技术手册. 1990; ISBN7-5608-0594-9/TB·17
- 6 李舒宏. 空调制冷用板翅式换热器的传热与阻力特性的试验研究, 学位论文, 东南大学动力工程系, 1997