

空调器换热器流路的仿真分析及应用

熊硕 王铭坤

(珠海格力电器股份有限公司 广东珠海 519070)

摘要: 随着能效要求的提高,空调器使用的两器越来越大,流路设计越来越复杂。高效、快速、省时省力的完成流路设计,同时最大限度的发挥换热器的效率是我们研究的重点,由此换热器的仿真软件应运而生。本文介绍了GREATLAB仿真软件的控制方程及设计所做的假设,并通过实际的案例分析对仿真软件在实际应用的意义及可行性进行了说明。

关键词: 换热器; 仿真; 控制方程; 流路; 风场; 换热

Simulation analysis and application of air conditioner heat exchanger flow path

XIONG Shuo WANG Mingkun

(Gree Electric Appliances, Inc. of Zhuhai Zhuhai 519070)

Abstract: With the requirements of energy efficiency improvement, two is more and more use of air conditioners, flow path design is more and more complex. Efficient, fast, time-saving and labor-saving to complete the design of the flow channel, and maximize the efficiency of the heat exchanger is the focus of our study, the simulation software of heat exchanger emerge as the times require. This paper introduces the design of control equation and do the simulation software GREATLAB hypothesis, and the simulation software in the significance and the feasibility of practical application are illustrated by means of case analysis.

Keywords: Heat exchanger; Simulation; The control equation; The flow path; Wind field; The heat exchanger

1 引言

换热器是空调器主要的四大部件之一,是影响空调器制冷效果和能效高低的关键因素。长期以来,如何提高换热器的换热性能是各空调厂家研究的重点。目前在空调器设计的过程中换热器的流路设计几乎全部依赖于实验测试,既费

时费力,又增加开发成本,开发周期也往往比较长,特别是对流路比较复杂的换热器此问题更为突出。本文利用GREATLAB制冷仿真软件对换热器的不同流路进行仿真分析,并对不同方案的制冷量的仿真结果进行对比,最终根据仿真结果选定换热器的最佳流路进行实验验证。达到

了调整流路来提高额定制冷量的目的,同时验证了空调换热器流路仿真结果的准确性。

2 换热器流路系统GREATLAB仿真的控制方程

GREATLAB制冷仿真软件模拟空调器稳定

运行的状态,并对系统中各部分制冷剂的工作参数进行耦合,并按照顺序把各个部件的进出口参数联系起来,模拟整个系统的运行情况。为了准确计算各部件之间的耦合关系,制冷系统的仿真必须遵循以下守恒率^[1]的控制方程组:

2.1 质量方程(连续性方程)

根据质量守恒定律:流体在恒定流时两断面间流动空间内流体质量不变。守恒方程式为:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V}) = 0^{[2]}$$

对于制冷系统,系统内的制冷剂灌注量是一定的,而且制冷系统是封闭的。由上面质量守恒方程可以得出:制冷系统内制冷剂在任一时刻的总质量是一定的,且恒等于灌注量。即任何时刻符合下面方程:

系统制冷值的灌注量=各部件内制冷剂质量之和

另外,由质量守恒定律也可以得出:在制冷工况下空调器稳定运行时,制冷系统各部件内的制冷剂质量也处于动态平衡之中。

2.2 能量守恒

空调器系统的运行过程符合热力学第一定律即能量守恒定律。当系统稳定运行时,蒸发器吸收的热量,压缩机、电机的输入功率等这些从外界吸收的能量应该等于系统传递给外界环境的能量(如:冷凝器放热、管道散热等)。

2.3 动量方程

由于空调器的制冷系统是封闭系统,那么根据动量方程:空调器内部制冷剂的压力应该是封闭的、连续的。由此可以得出如下结论:

(1)前一部件的出口压力=后一部件的入口压力;

(2)压缩机把冷媒进行压缩后引起的压力增加等于节流部件产生的压降和换热器产生的压降以及管路等部件产生的压降之和。

2.4 计算所做的假设

由于制冷剂在换热器中的流动状态较为复杂,与周围环境的换热情况也较难模拟,所以为了计算速度能够满足开发要求及模型推导的方便,在仿真分析时对换热器的计算作如下假设:

(1)冷凝器只存在径向热传递而忽略其轴向传热,即所有热量传递都在空气和制冷剂之间

进行,不考虑沿铜管方向上的热传导^[3]。

(2)冷媒流动的过程中不考虑重力对冷媒流场的影响。

(3)忽略制冷剂加速时的阻力损失和换热器管壁的导热热阻。

3 冷却风场的测试及风速确定

在采用仿真软件对换热器流路进行仿真分析时,两器风场中各区域的风速的准确性对两器各分路温度云图及两器流路设计的准确性起到至关重要的作用。在设置仿真参数之前需要对风场的分布进行详细的测量。

本文以一款24K机型为例,在空调器及压缩机完全相同的条件下仅对冷凝器流路进行优化,同时调整毛细管、灌注量到最佳状态,对该机型进行仿真分析及实验验证。

3.1 外机进风侧的风速测试

在对外机进风侧(背面进风和侧面进风)测量风速之前,先将背面大致均分成4×4格,侧面从上到下大致均分为4格,共20个风速测试区域。各区域风速测试结果如表1所示,外机示意图如图1。

从表1的测试结果来看:背后表面的分布基本是均匀的,平均风速为1.7m/s。侧面由于受侧面板阻隔,平均进风速度为0.85m/s。

3.2 外机出风侧的风速测试

对外机出风侧按照轴流风叶的形状及风叶旋转时风场的分布对出风口的风场区域进行分区,划分的风场分布图如图2所示。

从图3和图4可以看出半径为10cm的圆形范围内,风速较小。沿着远离圆心的方向,风速逐渐增大至最大值,但是在接近边缘的地方风速稍有减弱。因测量条件所限,只给出最大风速和风速分布示意图(图4)。

4 两种不同分路结构的换热器的仿真分析

4.1 仿真分析

以上面24K单冷机为例,先把原分路的系统参数放入仿真软件进行仿真分析,并与实际测试结果进行对比,设置模型校准的各调整因子,确保仿真的结果与实际测试的结果误差尽量小。然

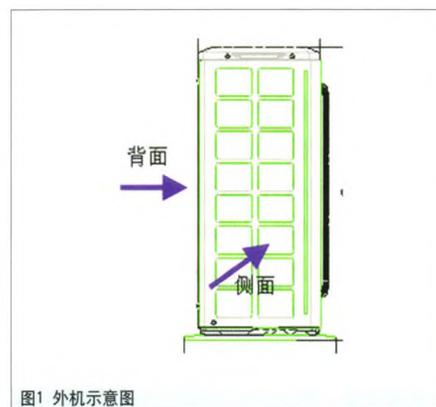


图1 外机示意图

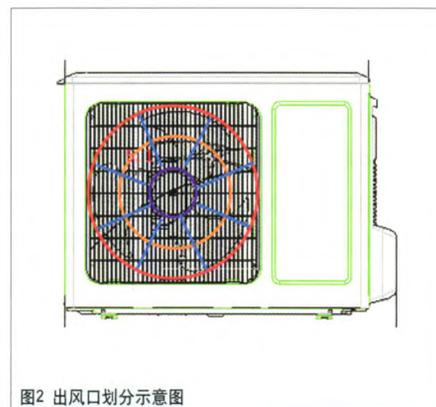


图2 出风口划分示意图

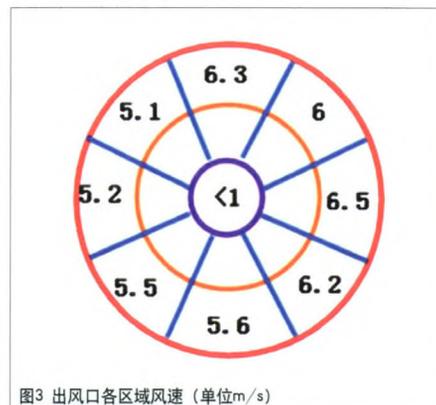


图3 出风口各区域风速 (单位m/s)

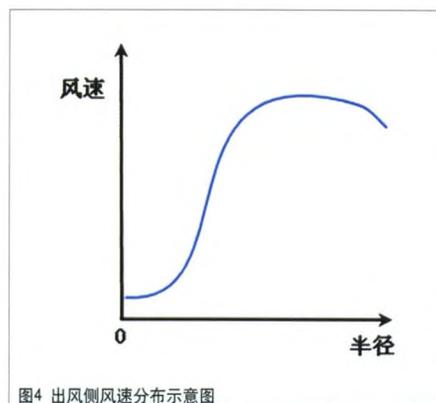


图4 出风侧风速分布示意图

后对其冷凝器流路进行修改,最后对冷凝器的换热情况及整机的制冷性能进行仿真分析。选取仿真结果最佳的流路图如图5所示,冷凝器的换热效果及整机性能的仿真对比结果如表2所示。

从表2的结果可以看出:调整流路后各分路的流量均有所增加,且压降增大,相应的流速也将会加快,强制换热效果加强。特别是过冷U管数由3根增加到6根后,过冷段的流速增幅较大,换热量增加的幅度较为明显。由此可见,通过减小两器复热、增加过冷U管数等方案可以有效提高两器的换热效率。

4.2 实验验证

对上面机型在空调器及压缩机完全相同仅两器流路不同的情况下,分别进行相关实验,在系统分别调整到最佳的状态时测试的实验数据如表3所示。从表3的数据可以看出:按照仿真结果的最佳分路状态进行实际验证,改进的流路较原流路有较大改善,试验结果与仿真结果在改善趋势上一致。

同时,根据能量守恒关系,对于空调系统而言,存在下面关系式:

冷凝器换热量=制冷量+压缩机输入功率+系统无效吸热量-漏热

压缩机输入功率=系统总输入功率-内风机功率-外风机功率-电控设备功率

若不计电控损耗功率、系统无效吸热量和漏热,则改进后的冷凝器实际换热量为9084W,与仿真结果的偏差为:3.8%。因此,在修正因子设置合理及冷却风场测试准确的前提下,仿真结果有比较大的参考价值。

5 结论

随着计算机的普遍应用以及硬件技术的提高,基础仿真技术的发展是大势所趋。特别是从制冷行业的发展而言,在系统优化方面借助于仿真软件可以大大提高设计的效率。从本文的研究及实践结果可以得出如下结论:

(1) 系统仿真软件的应用可以大量减少试验工作,缩短产品开发周期,较方便地得出适合要求的两器流路。当然,实际影响换热器设计的参数还有很多,合理地设置这些参数,从理论上应该可以得到更好的结果。

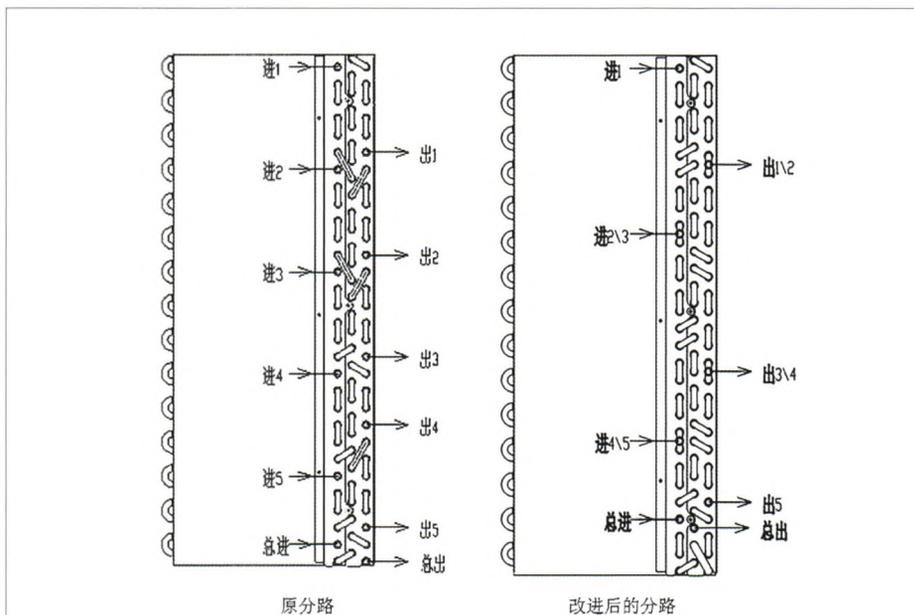


图5 两种不同流路的对比图

表1 各风场区域的风速

测试区域	背面风速 (m/s)				侧面风速 (m/s)
最上部位	1.7	1.7	1.8	2	0.87
中间部位	1.7	1.7	1.8	1.7	0.83
下面部位	1.7	1.7	1.8	1.7	0.84
最下部位	1.7	1.7	1.8	1.7	0.87

表2 两种流路仿真结果对比

样机	总换热量 (W)	制冷剂流量 (kg/h)					制冷剂压降 (kPa)					各支路换热量 (W)							
		1	2	3	4	5	过冷	1	2	3	4	5	过冷	1	2	3	4	5	过冷
原分路	8907.5	31	31	32	31	34	160	12	12	12	12	12	17.4	1771	1773	1733	1597	1721	311
改进分路	9439.6	33	33	33	36	33	170	14	14	14	14	14	41	1838	1832	1741	1419	1656	954

表3 两种流路实际测试结果对比

	试验项目	能力 (W)	功率 (P)	EER	吸/排气 (°C)	吸/排气压力 (kg/cm ²)
原分路	额定制冷	6824	2096	3.254	8.45/72.5	9.19/28.2
	额定制热	7028	2056	3.42	10.6/72.5	9.25/28.2

(2) 系统仿真软件仿真结果的准确性有赖于模型校准的各调整因子的设置准确性,在现有系统有实际测试结果的前提下,对部分部件进行较小改善时,仿真结果的准确性相对更高。

(3) 在两器流路的仿真分析时,由于受到软件本身计算周期的局限,只能作定性分析,不能准确地作定量分析。

参考文献

- [1] 张春路. 论制冷系统仿真技术的通用性与适用性. 2011中国制冷学会学术年会论文集, 2011.
- [2] 蔡增基, 龙天渝. 流体力学泵与风机(第四版). 中国建筑工业出版社, 1999.
- [3] 陈红, 何祖威. 制冷空调系统冷凝器分布参数模型及数学仿真. 计算机仿真, 2006, 23(10): 321-324.