

# 一种用于空调器的离心风机的流场仿真分析方法

## Simulation and Analysis Method for the Flow Field of A Kind of Centrifugal Fan for Air Conditioning

徐美俊

(珠海格力电器股份有限公司 珠海 519070)

**摘要：**采用 ANSYS 对空调器内风机不同安装方向进行流场模拟。根据模拟分析结果进行对比分析，得出速度分布均匀性的安装方式是最佳的安装方式。

**关键词：**离心风机；空调器；三维流场模拟；速度分布

**Abstract :** The software ANSYS is carried out to simulate the flow field according to the different mounting directions of inner fan of air conditioning. According to the simulation and analysis result, it is concluded that the velocity distribution uniformity of the installation way is the best way of installation.

**Key words :** centrifugal fan; air conditioner; three-dimensional flow field; velocity distribution

离心风机具有结构紧凑、效率高、噪声低等特点，是各类柜式中央空调机组、管道式机组及其他暖通、空调、净化、通风设备的常见配套产品<sup>[1]</sup>。常见的水冷冷风空调机组使用翅片式换热器作为蒸发器，通过离心风机利用空气作为介质进行换热，常温空气经过翅片式蒸发器的处理，可直接送风至工作场合。空调机组内部合理的气流组织有利于提升翅片式蒸发器的换热均匀性，从而提高空调机组的性能。

机组内部的流场是复杂的三维粘性流动，靠已有的试验手段很难进行观察和测量，利用 ANSYS 的 CFD 对离心风机进行模拟已越来越普遍<sup>[2-4]</sup>。离心风机应用在水冷冷风机组内的流场进行模拟，并通过 CFD 数值分析。根据仿真的结果与试验结果进行对比分析，验证了 CFD 的方法的正确性，为数值模拟分析优化，优化离心机组使用效率的提供了依据。

### 1 研究对象及评判准则

#### 1.1 模型建立

计算流体动力学（简称 CFD）是通过计算机数值计算和图象显示，对包含有流体流动

和热传导等相关物理现象的系统所做的分析。利用现有成熟的 CFD 软件，对空调机组进行数值分析已在空调工程上得到广泛的应用。本文通过 ANSYS 软件，根据风机的设计图纸，利用 Pro/E 建立离心风机三维模型及空调机组内部三维模型，提取风机流场区域，并做适当的简化，如图 1 和图 2 所示。

#### 1.2 评判参数及评判准则

研究对象为水冷冷风空调机内部流场。根据气流分布情况的特点，蒸发器表面速度分布越均匀，越有利于实现蒸发器的换热均匀，提高蒸发器的利用效率，从而提升空调机组的性能。通过风机的叶轮朝向及安装位置进行对比，得到风机不同位置对内部流场的影响以及流速的变化。翅片中间截面的速度标准差  $S$ ——标准差越

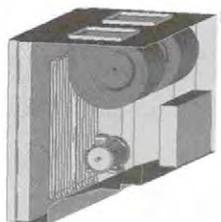


图 1 空调机组内部区域三维图

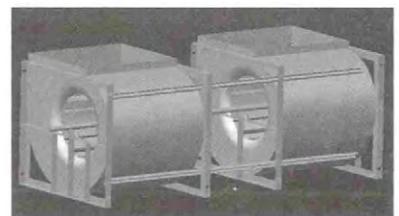


图 2 风机模型三维图

小，速度值均匀度越好<sup>[2]</sup>。其中  $v$  为测试点风速。

$$\text{速度平均值: } \bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$$

$$\text{速度标准差: } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n}}$$

## 2 仿真模型

### 2.1 仿真设定条件

由于几何模型比较复杂，网格划分采用三维非结构化网格。相对于结构化网格，非结构化网格计算过程比较复杂。采用局部加密的方法对不规则的空间适应能力较强。网格数为200万。

由于空调离心系统流动的特点，粘性流程计算的基础是纳维-斯托克方程，采用非耦合隐式三维不可压缩流动数值模拟，翅片式换热器不考虑热量交换，计算采用k- $\epsilon$ 紊流模型，压力和速度采用SIMPLEC算法耦合，标准壁面函数，离散方式采用二阶迎风格式。边界条件为风机转速：738RPM，定风机进口质量流量、风机出口质量流量。翅片换热器简化为多孔介质模型。

通过风机不同的朝向安装位置进行对比分析，默认方向从机组的右侧，方案1为叶轮顺时针旋转，方案2则为风机调换位置，逆时针旋转。不同的安装位置流场模拟如图3和图4所示。

## 3 流场仿真对比分析

### 3.1 流场仿真及分析

由于对翅片换热器做中间截面，截面平行于迎面风速。方案1的截面速度云图如图5所示，方案2的截面速度云图如图6所示。

由上面的速度云图可得：

- 1) 两个方案截面分布呈现两边和上中部大，这与风机进口分布在两头和中上位置相符；
- 2) 因空调机组内安装有电加热管，截面中间有直线型的区域，速度较低，与实际相符；
- 3) 多孔介质下部速度较低，上部速度高。方案1的速度比方案2整体速度大。

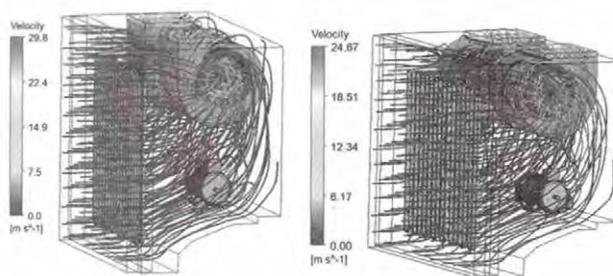


图3 顺时针流场模拟(方案1) 图4 逆时针流场模拟(方案2)

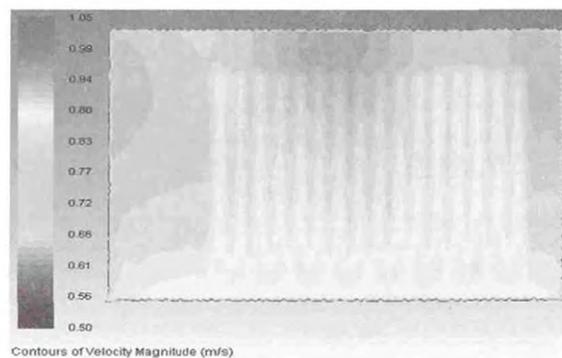


图5 方案1 翅片截面速度分布云图

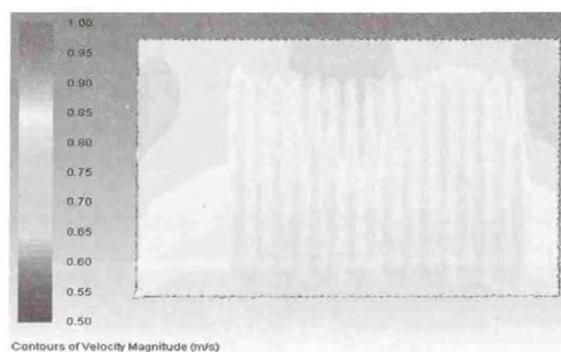


图6 方案2 翅片截面速度分布云图

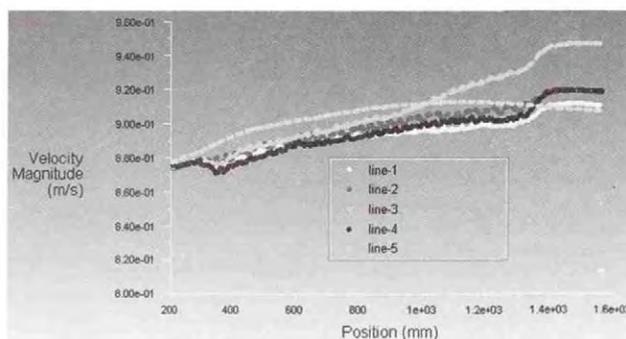


图7 方案1 翅片截面速度分布云图

在截面平行翅片方向，做均匀分布的5条水平直线，由左到右分别命名Line-1~Line-5，截面速度云图如图7和图8所示。

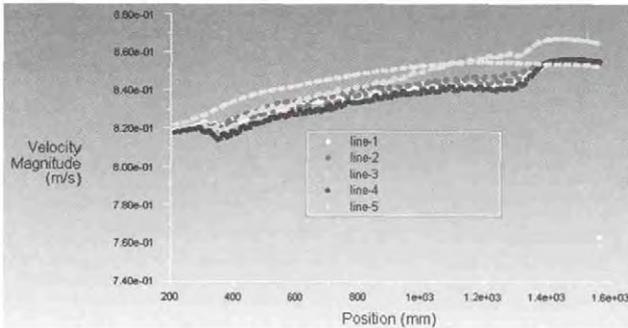


图8 方案2 翅片截面速度分布云图

表1 不同方案速度流量对比表

	流出翅片风速 V(m/s)	风机进口风量 Q(m <sup>3</sup> /h)	风速的合速度的标准差 S	风速垂直于蒸发器方向Y速度的分速度的标准差 S
方案1	1.83	16369	0.01806	0.01780
方案2	1.71	15059	0.01568	0.01554
差比	6.63%	8.69%	1.32%	1.26%

由上面的速度云图可得：

- 1) 两方案截面速度随高度增加而逐渐增加，两边和中间速度高；
- 2) 方案1翅片内部整体速度比方案2大。

### 3.2 模拟分析结果对比分析(见表1)

## 4 结论

1) CFD提供了一种可靠的模拟空调机组内离心风机的流场特性，但需要对研究分析的CAD模型、网格、湍流模型、离散方程、边界条件等进行仔细的验证，其中的网格质量和数量、非定常数仿真决定了模拟分析结果的可靠性。

2) 同等条件下，风量大小直接影响着蒸发器的换热效果，从翅片进口风量来看，方案1翅片进口风量比方案2相对值高，方案1较优。

3) 根据风速分布均匀度的情况分析，方案2翅片内部速度分度均匀度高，方案2较优。

4) 同等风量的情况下，垂直于蒸发器方向即Y方向的标准差S在换热效果上为最重要的因素。Y方向的标准差S越小，速度值均匀度越好，换热效果越好。

## 参考文献

[1] 李庆宜. 通风机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.  
 [2] 邹建煌, 杜群贵, 谢在玉. 离心风机的流场分析和参数化设计 [J]. 机床与液压, 2005(2):65-66.  
 [3] 李建锋, 吕俊复. 风机流场数值模拟 [J]. 流体机械, 2006,34(4):10-13.  
 [4] 邵卫, 李意民, 贾利红. 离心风机内部流场模拟 [J]. 煤矿机械, 2006, 27(7):27-28.

(上接89页)

有极大的提升。

## 3 结论

为了在大型多系统水冷冷风型商用空调机组中能够充分发挥翅片式换热器的效果以、确保系统间一致性的问题、系统一次匹配成功率以及项目开发周期，我们通过上述换热仿真计算以及试验测试对比分析验证得出大型多系统翅片式蒸发器系统间流路布置的较优方式：

1) 多系统间不能采用前后布置，如方案1所示。这种方案在实际运行中存在系统间参数差异大，靠近进风侧系统的蒸发温度和吸气温度都比远离进风侧的两个系统要高，系统一致性较差。要在保证100%负荷点时系统间一致的话又会出现系统间的配置（如灌注量、分液、节流等）不一致，这样给系统匹配、生产和维护都增加了难度，部分负荷下的可靠性降低。

2) 建议尽可能采用系统间上下间隔交叉布置，这种方案能够充分发挥其换热效果尤其是部分负荷下换热性能更佳，同时能够确保系统间参数、结构配置一致，提升生产加工效果，更利于质量可靠性，便于售后维护等。

## 参考文献

[1] 吴业正, 韩宝琦. 制冷原理及设备 (第二版) [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1987.  
 [2] 史美中, 王中铮. 热交换器原理与设计 (第4版) [M]. 南京: 东南大学出版社, 2014.