

# 多风机组合式空调机组 CFD 仿真分析

谭爱华

(约克广州空调冷冻设备有限公司)

**摘要** 对四风机机组进行 CFD 仿真分析,结果表明,垂直气流横断面上的速度分布与风机的气流分布有一定的关联,若风机对称分布,气流相应也会对称分布;距离风机越远的横断面,其速度分布越均匀;表冷器盘管具有导流作用,且其空气侧压降越大,出风面速度越均匀。在过气流方向的截面上,风机内的速度最大;风机出口处,由于气流截面突变,气流速度变化率最大,会产生剧烈的紊流。

**关键词** 多风机;速度分布;CFD 仿真;分析

## CFD simulation analysis for multi-fan in AHU

Tan Aihua

(York Guangzhou Air-conditioning & Refrigeration Co., Ltd.)

**ABSTRACT** A four-fan air handling unit is analyzed with the CFD simulation. The results show that the velocity distributed on the outlet surface is connected with the fans' layout. If the fans are configured symmetrically, the velocity distribution is regular as well. The farther the section is from the fans, the more even the velocity distribution is. The cooling coil acts as a diffuser also, and the greater the air resistance is, the more even the velocity distribution on the down-stream coil surface is. On the section through the fans' axial, the velocity reaches maximum at the fans' inside of inlet cone. At the outlet of the fan, velocity rate is maximized since the cross section is expanded suddenly, and air flow is sharp and turbulent.

**KEY WORDS** multi-fan; velocity distribution; CFD simulation; analysis

随着现代经济的不断发展,各类建筑设施规模越来越大,作为建筑配套设备之一的中央空调系统规模随之发展,组合式空调机组的风量普遍达到几万  $\text{m}^3/\text{h}$ ,有的甚至达到十几、二十几万  $\text{m}^3/\text{h}$ ,多风机组合式空调机组应运而生。然而多风机机组比单风机机组内部气流组织更为复杂,机内气流组织分布对表冷器盘管的换热以及系统空气侧压降都有很大影响。如果其迎面风速不均匀,表冷器的换热效果就会降低,进而影响空调机组的整机性能。GB/T 14294《组合式空调机组》对此有明确要求:断面风速均匀度不应小于 80%。因此,了解气流横断面及气流方向截面上的气流分布情况,分析气流的分布规律,对于合理设置风机、优化产品设计具有重要意义。

## 1 CFD 仿真分析

组合式空气处理机组一般由过滤段、风机段、表冷段、加热段、除湿段等多个功能段组成。由于空气在机组内的流动是一个很复杂的过程,对原模型进行合理简化,只选取风机段子模型与盘管表冷段子模型进行模拟分析。风机段与盘管表冷段之间的参数相互影响且相互制约,通过一定的耦合关系组合成一个完整的系统。系统稳定运行时,满足连续性方程、能量守恒方程和动量守恒方程<sup>[1]</sup>。

为简化计算,作如下假定:

- 1) 假定风机段入口处空气分布是均匀的;
- 2) 风机段的分析中,将盘管表冷器简化为多孔介质模型,不考虑盘管表冷器内部复杂结构的流场分布,忽略风机叶片的厚度;

收稿日期:2011-08-02

作者简介:谭爱华,本科,工程师,主要从事中央空调末端产品设计开发工作。

- 3) 空气流速不高,流体视为不可压黏性流动;
- 4) 忽略重力的影响。

应用 FLUENT 软件进行模拟分析,网格的划分采用 Gambit 软件。风机段与盘管表冷段的流动均是湍流流动,采用标准  $k-\epsilon$  方程<sup>[2-3]</sup>。

CFD 分析流程:

- 1) 选取研究对象,并根据模型的几何特点将模型简化;
- 2) 采用 Inventor 软件建立机组的模型;
- 3) 将模型导入 Gambit 进行网格划分;
- 4) 将处理好的模型导入 FLUENT 软件,设置边界条件及算法,进行迭代计算;
- 5) 对计算结果进行处理,得到流场分布。

边界条件的设定:

- 1) 风机段的入口设置为 velocity-inlet(速度

入口),入口处的风速为 400 ft/min (1 ft/min = 0.304 8 m/min);

- 2) 盘管表冷器简化为多孔介质模型;

3) 风机段的出口设置为 pressure-outlet(压力出口),出口处的压力值等于盘管表冷器空气侧压降。

机组内装 4 个并联无蜗壳风机,分别由一个三相异步电动机驱动,其排布如图 1 所示,在左图中,气流流动方向为从左到右,盘管表冷器处于风机的下风侧,盘管表冷器处于“吹风状态”。风机叶轮直径为 27 in(1 in=0.025 4 m)。单个风机的风量为 7 500 ft<sup>3</sup>/min (1 ft<sup>3</sup>/min = 28. 316 8 L/min),则机组的总风量为 30 000 ft<sup>3</sup>/min。表冷器盘管因管排数及翅片数不同,其空气侧压降也不同,这里取 2 种表冷器盘管,其空气侧压降与风速关系如图 2 所示(1 In. W. G=248. 92 Pa)。

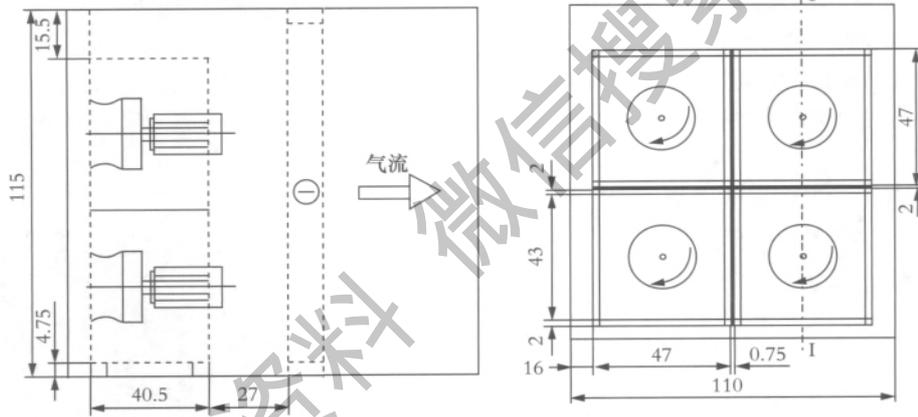


图 1 四风机组合式空调机组示意图

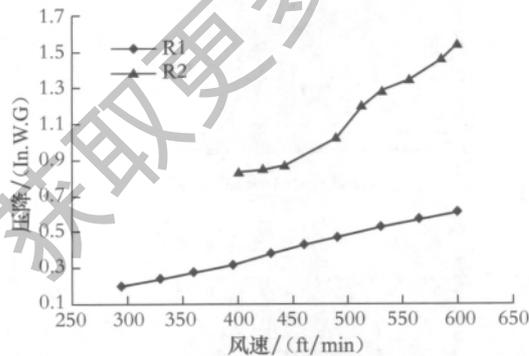


图 2 两表冷器盘管的空气侧压降曲线图

## 2 模拟结果分析

### 2.1 27 in 处盘管迎风面速度分布

选取盘管迎风面作为气流断面,将盘管迎风面置于风机出风口断面下风侧 27 in 处。通过 CFD 软件计算处理后,可得气流横断面上的气流

速度分布。盘管空气侧压降分别为 R1 和 R2 时,模拟分析得其迎风面速度场分布分别如图 3 和图 4 所示。

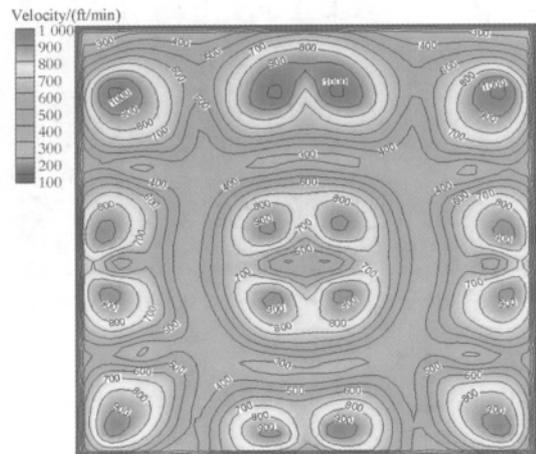


图 3 盘管 R1 处于 27 in 时迎风面速度分布

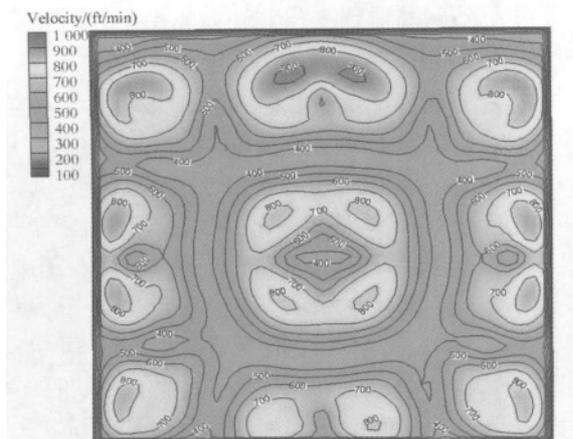


图 4 盘管 R2 处于 27 in 时迎风面速度分布

由图 3 和图 4 可知,在迎风断面上,所有的速度曲线都是连续且闭合的,速度变化率较大,进风面的风速分布不均匀。断面上的最大速度值分别为 1 028 ft/min 和 923 ft/min,与平均速度 400 ft/min 相差很大,断面风速均匀度都只有 40%。对于多风机机组,最大速度位置并不在风机的轴线位置上,而是在两风机轴线的中间某处;速度曲线左右两侧居中基本对称,上下并不对称,这是由于四风机的分布在左右两侧对称、上下不对称引起,说明气流的分布与风机布置位置是相关联的。

### 2.2 27 in 处盘管出风面速度分布

盘管位置不变,还设置于 27 in 处。盘管空气侧压降分别为 R1 和 R2 时,模拟分析得出风面速度场分布分别如图 5 和图 6 所示。

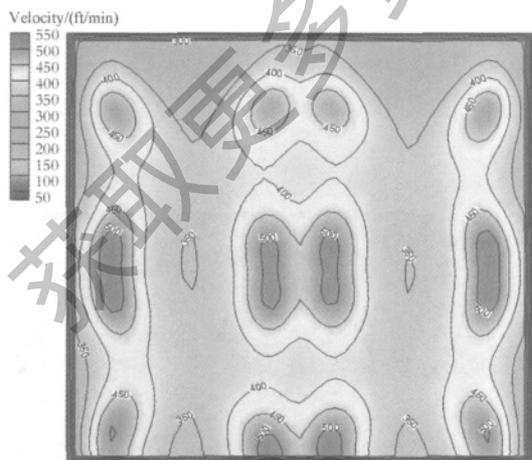


图 5 盘管 R1 处于 27 in 时出风面速度分布

由图 5 和图 6 可知,在出风断面上,所有的速度曲线都是连续闭合的。模拟计算得到最大速度值分别为 530 ft/min 和 453 ft/min,空气过表冷器盘管之后,速度会变均匀,断面风速均匀度分别为

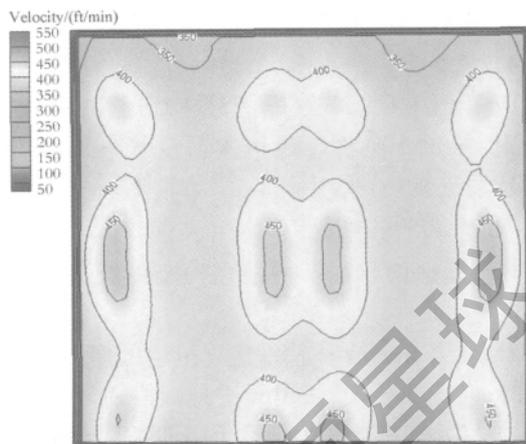


图 6 盘管 R2 处于 27 in 时出风面速度分布

95%和 99%,这说明当表冷器空气侧压降增大时,出风面断面最大速度会降低,速度更加均匀。

### 2.3 54 in 处盘管迎风面速度分布

如果将表冷器盘管向远离风机的方向平移,就可得到其他横断面的气流分布。现将表冷器盘管移至距风机 54 in 处。模拟计算得出盘管空气侧压降分别为 R1 和 R2 时,其迎风面速度分布如图 7 和图 8 所示。

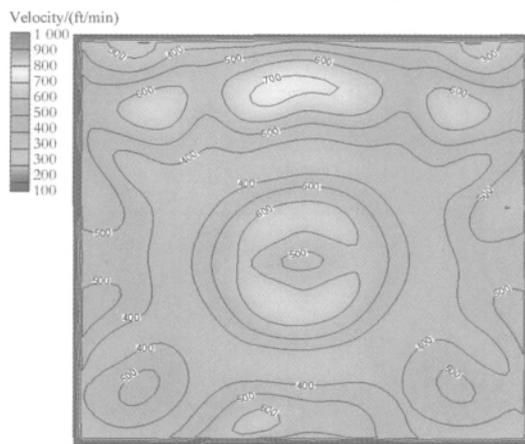


图 7 盘管 R1 处于 54 in 时迎风面速度分布

由图 7 和图 8 可知,模拟计算得最大速度分别为 728 ft/min 和 687 ft/min,断面风速均匀度分别为 73%和 75%。比较 54 in 与 27 in 两断面上的气流速度分布,54 in 处最大速度值比 27 in 处的小,速度均匀度也提高了。说明距风机越远,其速度分布就越均匀。

### 2.4 54 in 处盘管出风面速度分布

盘管位置不变,还设置于 54 in 处。盘管空气侧压降分别为 R1 和 R2 时,模拟分析得其出风面速度分布分别如图 9 和图 10 所示。

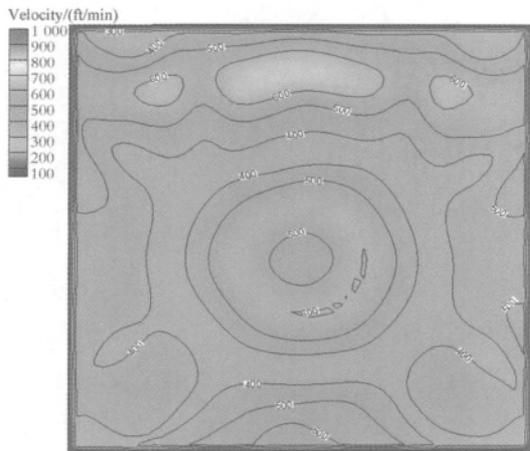


图8 盘管 R2 处于 54 in 时迎面风速分布

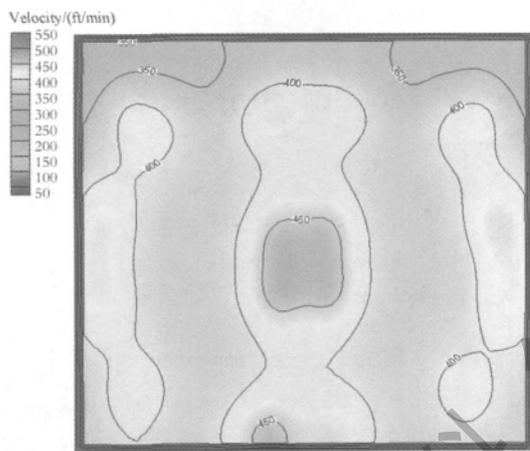


图9 盘管 R1 处于 54 in 时出风面风速分布

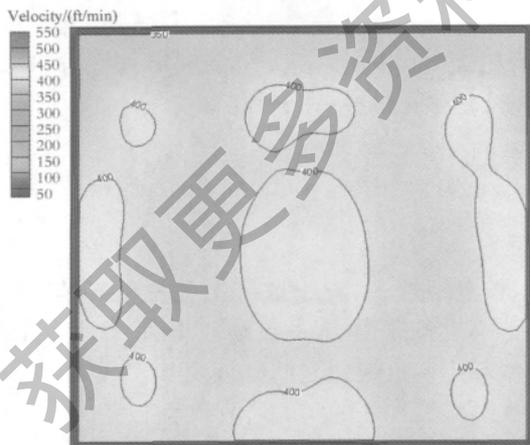


图10 盘管 R2 处于 54 in 时出风面风速分布

由图9和图10可知,远离风机后,表冷器盘管的出风面风速很均匀,断面风速均匀度分别为99.5%和100%,最大气流速度分别为472 ft/min和427 ft/min,与平均速度400 ft/min很接近,且当表冷器风压降增大时,出风面断面风速更均匀。

### 2.5 过风机轴线截面速度分布

上面已了解到垂直气流方向的横断面的气流

速度分布情况。同样也可模拟计算得到风机轴线上(图1中I-I截面)的气流速度分布。

从图11可看出,在过风机处,由于通风截面最窄,风速最高。空气通过表冷器后,气流很均匀,说明表冷器翅片有很强的导流作用。而在风机的出风口和表冷器之前的区域,由于气流通路截面积突然扩大,气流速度极不均匀,气流组织是紊流形式。由于风机上下位置没有均布于机组内,模拟得出的气流上下位置也不是对称分布的。

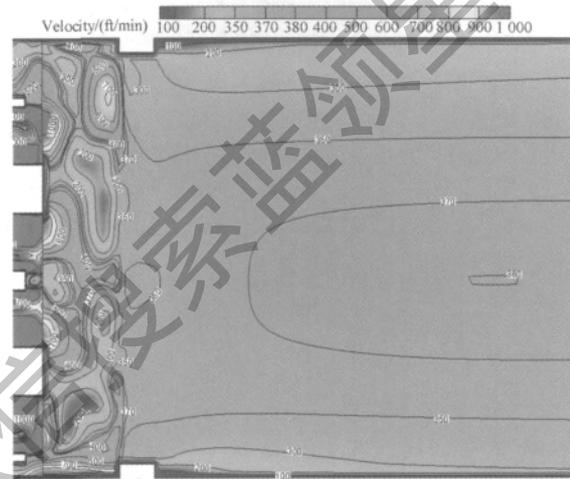


图11 盘管 R1 处于 27 in 时, I-I 截面上的速度分布

### 3 结论

在四风机空调机组内,垂直气流横断面上的气流分布与风机的气流分布有一定的关联,若风机对称分布,气流相应也会对称分布;距离风机越远的横断面,其速度分布越均匀;表冷器盘管具有导流作用,且其空气侧压降越大,出风面风速会越均匀。在过气流方向的截面上,风机内的速度最大;风机出口处,由于气流截面突变,气流速度变化率最大,会产生剧烈的紊流。通过CFD仿真分析,可以详细了解机内气流速度分布状态及其规律,设计者可以据此更合理布置多风机,也可更合理设计表冷器与风机的距离,同时又能使得盘管迎风面上断面风速较为均匀,提高其换热性能。

### 参考文献

- [1] 蔡增基. 流体力学泵与风机[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] 韩占忠, 王敬, 兰小平. FLUENT 流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京: 中国理工大学出版社, 2004.
- [3] 王福军. 计算流体力学分析: CFD 软件原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.