

# 4-72No5A 离心通风机叶型的 改进设计及试验

西安交通大学 李占良 祁大同

西安风机厂 李西杰 张平利\*

**摘 要** 介绍了二维逆命题叶片型线设计方法的应用。结合试验研究,成功地将4-72No5A 离心通风机的机翼形叶片改为单板形二维叶片,使改进后的风机仍具有高效节能特点,增强了叶片耐磨性,延长了风机使用寿命。

**关键词** 离心通风机 叶型 改进设计

## 1 引言

4-72型离心通风机是我国60年代初设计的具有先进水平的离心风机之一,具有高效率、低噪声特点,最高全压内效率达到86%,比A声级为20dB,并且性能曲线平坦,调节性能好,因此使用量大,全国各风机制造厂均有生产。但由于该机使用机翼形叶片,在冶金、化工、电力等粉尘较多的工业场合使用时,容易使翼形叶片磨穿积灰,引起风机振动,以致于造成停车事故。故许多用户要求将该型风机的机翼形叶片进行改进,在保持风机高效低噪特点的情况下,使叶片耐磨性增强,延长风机使用寿命。

国内外有些厂家、研究单位曾开展过这方面的研究工作。例如,沈阳鼓风机研究所曾将4-72No5型风机机翼形叶片腹部平板取消后,用其单弧式叶片进行了性能试验<sup>[1]</sup>,结果是改进型的压力线低于原翼型,功率线两者接近,而效率线较原翼型低8%。原苏联中央锅炉透平科学研究所为了获得机翼形叶片和薄板形叶

片的空气动力性能对比资料,也曾选择机翼形叶片D50-9.2-40的模型进行了试验<sup>[2]</sup>,两种型式的叶片,除叶片厚度外,叶片数和其它所有参数不变,薄板形叶片厚度为3mm,其叶片中线和机翼形叶片中线重合,试验结果表明,两者功率曲线基本相差不大,在最佳工况下,薄板形叶片的模型效率要比翼形叶片的低4%。笔者利用二维逆命题设计方法,选择4-72No5A模型风机进行翼形叶片的改进,改进后的风机在设计工况点单板形叶片模型的效率只比翼形叶片模型的效率低1~2%。

## 2 设计方法

在设计工作中,作者采用了一种简便、实用的二维逆命题计算方法。简言之,就是控制叶轮回转面上相对速度 $W$ 沿平均流线 $m$ 的分布( $W$ - $m$ 分布)或 $dW/dm$ 分布,使气流流动按希望的规律变化,用数值方法计算出回转

\* 参加研究工作的还有赵若茂、武兴民、田会峰、王助国。参加试验工作的有吴宝平、王秀花、张清琴等。

的研究。清华大学博士论文,北京1987,

- 6 Patir N. Effects of surface roughness on Partial film Lubrication using an average flow model based on numerical simulation. Ph. D. Thesis, Northwestern University, U. S. A., 1978
- 7 A O Lebeck. Hydrodynamic Lubrication

in Wavy Contacting Face Seals—A Two Dimensional Model. TASME Journal of Lubrication Technology, 1981, 103:578~586.

- 8 Pape J G. Fundamental Aspects of Radial Face Seals. Thesis WJHD-17, 1969 (T. H. Delft, Netherlands).

面上的叶片型线。

基本方程:

$$\left. \begin{aligned} W \frac{\partial W}{\partial m} &= r \omega^2 \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial m} \text{ (前向叶片)} \\ W \frac{\partial W}{\partial m} &= r \omega^2 \sin \beta - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial m} \text{ (后向叶片)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\cos \alpha = \sin \beta = \frac{dr}{dm} = \frac{W_r}{W} \quad (2)$$

$$P = \rho \left[ \frac{W_{in}^2 - W^2}{2} + \frac{\omega^2}{2} (r^2 - r_{in}^2) + \frac{P_{in}}{\rho} \right] \quad (3)$$

式中  $W$ ——相对速度

$m$ ——流线

$r$ ——叶轮半径

$\omega$ ——叶轮旋转角速度

$P$ ——静压

$\rho$ ——密度

脚标——in表示叶片进口截面;

$r$ 表示径向分量

$\alpha$ 、 $\beta$ ——定义见图1。

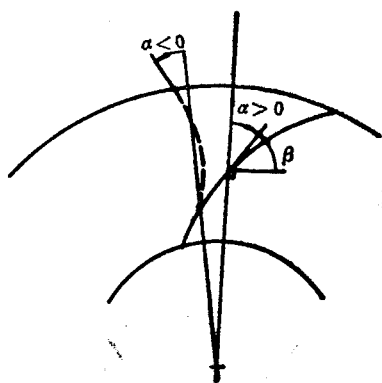


图 1

计算叶片型线时,用方案设计时算出的叶轮结构尺寸( $r_1$ 、 $r_2$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 等)和叶轮进出口气流参数( $P_1$ 、 $\rho_1$ 、 $W_1$ 、 $\beta_1$ 、 $W_2$ 、 $\beta_2$ 、 $P_2$ 等)作为边界条件,用常规方法设计出的叶片型线作为初始叶片型线,并由此得到迭代计算所需的各有关参数的初始值。

为进行叶片型线的迭代计算,可将式(1)变为下面形式:

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \sin^{-1} \left[ \frac{W \frac{\partial W}{\partial m} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial m}}{r \omega^2} \right] \text{ (后向叶片)} \\ \alpha &= \cos^{-1} \left[ \frac{W \frac{\partial W}{\partial m} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial m}}{r \omega^2} \right] \text{ (前向叶片)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

在第  $n-1$  次迭代计算中,平均流线上任意点处的  $\partial W / \partial m$  值根据给定的从叶片进口到叶片出口的  $W-m$  分布插值得到,公式右端的其余值均采用第  $n-1$  次迭代的计算值。两次迭代计算的  $\beta$  (或  $\alpha$ ) 值小于某一规定值时,计算收敛。

为加工制造方便,需要将由离散点组成的叶片型线拟合成圆弧曲线。在这种情况下,为保证流动仍具有所希望得到的  $W-m$  分布,可根据拟合后的圆弧曲线和给定的  $W-m$  分布,反算出相应的  $dW_r/dr$ ,以便重新设计叶轮子午面盘盖型线。经验表明,由于有回转面叶片型线、子午面盘盖型线和  $W-m$  分布三个调整自由度,在轮盖型线保持为单圆弧或直线时,将所设计的叶片型线拟合成单圆弧曲线或单圆弧加一直线段并不困难。

对于给定的  $W-m$  分布形式,应采取理论分析与试验研究相结合的作法来确定。计算叶片表面的速度分布也可以作为修改  $W-m$  分布的参考之一。作者将文献[3]沿流线法向推导的速度梯度方程改为沿圆周方向推导,这样做的优点是在计算叶片前缘、尾缘部分的速度分布时可以不必要假设叶片延长线。

周向速度梯度方程式为

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{r \partial \theta} &= \frac{\left( 2\omega W + \frac{W^2}{r_c} \right) \cos \alpha}{u \sin \alpha - W} \text{ (前向叶片)} \\ \frac{\partial W}{r \partial \theta} &= \frac{\left( 2\omega W - \frac{W^2}{r_c} \right) \sin \beta}{u \cos \beta - W} \text{ (后向叶片)} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中  $u$ ——线速度,  $u = \omega r$   
 $r_c$ ——曲率半径

### 3 试验结果

利用上述方法选取了 4-72No5A 模型叶轮进行了设计, 考虑到工厂的生产条件, 设计中尽量不改动固定元件(比如蜗壳、进风口等), 只对叶轮叶片型线和轮盖子午面型线重点进行了设计计算。通过对不同型式的  $W-m$  分布的计算, 选取了三种方案, 制造了 6 个叶轮, 反复进行了试验研究, 将试验数据作为调整计算  $W-m$  分布的依据。通过多次的对比分析, 最终方案的性能试验结果见图 2。图中试验曲线均由西安风机产品质量监督检测站测试并提供。由图 2 的比较可以看到, 用单板形二维叶片代替原机翼形叶片后, 最高全压内效率达到了 83.4%。在设计工况点(图中“ $\nabla$ ”点), 效率与翼形叶片风机仅相差 1% 左右, 在设计点周围的高效区, 效率值两者也比较接近, 仅相差 1~2%。由于改为单板形叶片后, 叶片端部对气流的冲角比较敏感, 因此, 整个性能曲线向右有所偏移, 但高效区仍保持了比较宽的范围。

试验中, 也同时对风机噪声值进行了对比分析。由图 2 可见, 在设计工况点, 单板形叶片风机的比 A 声级仅比机翼形叶片风机的高 1~1.5dB。根据 JB/TQ. 341-84《通风机噪声限值》要求, 对后向板形叶片离心通风机, 比 A 声级应小于或等于 30dB, 而改型后的单板形 4-72No5A 离心风机, 在设计点附近, 比 A 声级仅达到 21~22dB, 比噪声限值要低 8~9dB, 满足了改型设计的要求。

### 4 结语

对于 4-72 型高效风机进行改进设计, 本文工作仅是一个初步尝试。虽然取得了一定成

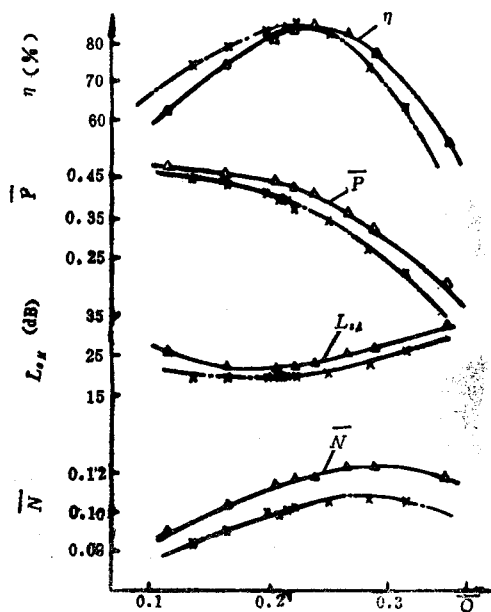


图 2

——单板形叶片特性曲线;  
——原机翼形叶片特性曲线

功, 但由于 4-72 型风机的叶轮  $b_2/D_2$  相对较大, 在气流流动中, 三维效应的影响较大, 而本文所采用的二维逆命题设计中必然会带来一定误差。但实践证明, 只要注意理论计算和试验研究的结合, 注意不同型式叶轮的不同特点, 积累必要的设计经验, 不难将二维设计方法应用到产品改进工作中去。

### 参 考 文 献

- 1 沈阳鼓风机研究所, 东北工学院流体机械教研室. 离心式通风机. 机械工业出版社, 1984
- 2 费慰祖. 改进 T4-72 型离心通风机的探讨. 风机技术, 1983; (5)
- 3 Eckert, E. Schnell. Axial und Radial Kompressoren. 1980



## FLUID MACHINERY

Vol. 22 No. 5 1994

## ABSTRACTS

**● Study on Two Dimensional Mixed Friction of Mechanical Face Seals Considering Surface Taper, Waviness and Roughness**

.....Yang Huixia et al (3)

A two dimensional mixed friction model is developed. The model considers surface radial taper, circumferential waviness and isotropic roughness of sealing face as well as fluid cavitation. Using the model, seals working performance can be predicted. Finally, the main factors having effects on seals performance are performed respectively parametric study in detail, which can provide direction for seals design and field application.

**● A Improvement Design and Experiment for the Impeller Blades of Model 4-72N05A Centrifugal Fan**

.....Li Zhanliang et al (9)

The use of two-dimensional inverse design method for impeller blades shape is introduced. With the experiment, the wing blades are changed into two-dimensional plate blades successfull. The new model fans have the characteristics that high efficiency and save energy. Particularly, the blades wearability and service life of the fan had been improved.

**● Design of the Mobile Compressor with Diesel Engine**

.....Lin Zilian et al (16)

Based on the past experience of finished design and research, the designing method

of mobile compressor with diesel engine is presented. It is also recommended that some problems should be put into consideration in design.

**● A Method of Optimum Design of the Fan interior for Noise Reduction**

.....Wang Shuli (22)

A centrifugal fan is studied. In which the interior is redesigned with the acoustical optimum numerical method. The result that the noise of fan have been reduced for 2.2 dB (A).

**● Effect of Diaphragm Coupling on Torsional Vibration of Turbocompressor Shafts**

.....Sheng Songen et al (28)

With an example analysis of a real machine, the effect of diaphragm couplings on the properties of natural torsional frequencies of turbocompressor shafts are investigated. The results show that the application of high flexible couplings in shafts design should be noticed with the consideration of torsional vibration.

**● Theory Study on Scroll Wrap Using Involute**

.....Li Liansheng et al (50)

The geometry features of involute of regular polygon are analyzed. It is indicated that the involute of even regular polygon can be used as the scroll wrap. The parameters of scroll wrap and the gas forces acting on orbiting scroll are also derived,