

吊扇叶尖改进的新途径

北京航空航天大学 苏汉寿

吊扇的设计方法是以旋翼空气动力学的二维流动模型为基础,这对吊扇叶身部分比较吻合。然而占扇叶长度约10%的叶尖区域却处在强烈的三维流动状态下,用四氯化钛所作的吊扇流场显示实验可清楚观察到。如图1所示,叶尖部分有清晰的径向流动,叶尖线速度越大,叶尖区域气流径向流动速度也越高,紧靠叶尖下边存在着一个非定常涡团,随着叶尖的旋转,由叶尖拖出一个螺旋状的旋涡尾迹,这个螺旋涡卷走了大量的动能,这就是所谓的叶尖诱导损失。为了弥补设计方法上的缺陷,只好消极的降低叶尖负荷,把叶尖弦长大幅度减小,并在总的拉力系数上乘一叶尖损失因子。

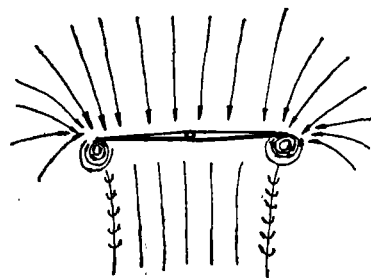


图1 叶尖三维流动图谱及非定常涡团

即然叶尖区域客观存在着强烈的三维流动,就应使设计思想与之相吻合。因此利用吊扇叶尖三维流动特性,在吊扇叶尖斜着加一小翼,使其产生一个与转动方向一致的附加推进力矩,从而取得了明显的效果。

作者曾改进直径为1200mm的吊扇,1*是改进前的原来叶片,3*是叶尖向上翘起一定角度的改进叶形,1*和3*除叶尖不同外,其它参数相同。1*、3*使用同一电机,经中国家用电器工业质量标准检测中心站测试,结果如下。

	电压 U_L	电流 I_L	电功率 P_1	转速 n	风量 Q	Q/P_1	功率因素 $\cos\psi$
1*	220 V	0.41 A	78 W	257 rpm	246 m ³ /min	3.15	0.86
3*	220 V	0.34 A	69 W	324 rpm	247.3 m ³ /min	3.59	0.90

显然,3*性能大大优于1*性能,总电流小了70mA,电功率降低了9W,风量 Q 还略有增加, Q 和 Q/P_1 都大大超过了国标,节约电功率约占原来的12%,也可以认为,叶尖改进后气动效率提高了12%。

另一改进实例是1400mm的吊扇叶片,其中之一是按等环量分布规律优化设计的常规平叶片,另一种是按变环量设计的,但叶尖增加了叶尖小翼。前者弦长分布沿展向变窄,后者正好相反,弦长沿展向增大,越靠近叶尖,线速度越高,弦长再增宽,显然,气流的加工量是沿展向增加,如果不改进叶尖流动图谱,必然在叶尖造成很大的诱导损失。但是由右面的实验结果(仍由上述中心测试站测定)可以看出,叶尖改进后的叶片不但用料少,而且耗电低,功率小,风量还大,这说明叶尖处的诱导损失被大大的降低。

	叶片面积	功率 P_1	风量 Q	Q/P_1
平叶片	780.9 cm ²	80 W	353.7 m ³ /min	4.42
叶尖上翘	747.5 cm ²	74 W	363.2 m ³ /min	4.9

本文于1988年1月收到。

$$v_3 + \frac{2}{k-1} \sqrt{\frac{k p_3}{\rho_3}} = \frac{2}{k-1} a_4 \quad (6)$$

$$p_4 / \rho_4^k = p_3 / \rho_3^k \quad (7)$$

其中 $a_1 = \sqrt{k \frac{p_1}{\rho_1}}$, $a_4 = \sqrt{k \frac{p_4}{\rho_4}}$, 为当地音速。

2. 制冷效率

$$\eta = \frac{T_4 - T_L}{T_4 - T_S}$$

其中 T_4 为热分离器气体入口温度, T_L 为热分离器实际的气体出口温度, T_S 为理想气体等熵膨胀所获得的温度。

3. 制冷量计算

换热器流路如图 4 所示。设换热器与外界没有热交换, 则从热分离器中流出的低温气体所吸收的热量应等于流入换热器的气体被预冷而释放的热量, 即:

$$m_E(h_E - h_L) = m_i(h_i - h_4), \text{ 由定比热, 所以}$$

$$m_E(T_E - T_L) = (m_E + m_L)(T_i - T_4)$$

其中 m 为流量, $m_i = m_E + m_L$, T 为温度, h 为气体焓。

式中, 当 T_i , m_i 给定后, 其余各参数都是互相制约的, 必须进行迭代计算。

四、讨 论

1. 在高压天然气压力 p_4 给定情况下, 原工作管内封闭气体压力 p_1 是影响热分离器工作性能的主要因素。 p_4/p_1 越大, 高压气对低压气做功越多, 温降越大, 制冷量越大。

2. 为了实现上述最佳流动图谱, 管长 L 的设计必须与分离器的结构和转速 n 适配。例如, 对于特定的管长 L , n 过大, 工作管完成一个循环的时间 t_3 显得太小, 波系的反射不足以达到最佳程度; 而 n 过小, 则 t_3 显得过长, 波系会出现多余的所不期望的反射。

3. 实际上, 工作管的瞬间排气并不是一个等熵过程, 而是一个绝热放气过程, 其膨胀比越大, 实际冷却效率与等熵冷却效率相差越大。可以预料, 波系的往复反射, 使气体于排出前在工作管中达最大限度的膨胀从而减少 p_8/p_L 是有利的。

4. 如果将热分离器出来的冷气通入交换器中使水冷却, 则该系统可用于大面积的集体供冷, 如商业区、冷库或住宅区。

在本文工作过程中得到北京航空航天大学陈矛章教授的许多帮助, 特此致谢。

(责任编辑 杨 帆)

parison of numerical results with experimental data indicates that the numerical method presented is generally feasible.

A NEW APPROACH TO IMPROVEMENT OF FANS

Su Hanshou

(Beijing Institute of Aeronautics and Astronautics)

Abstract

This paper presents experimental results of 3-D flowfields in the fan tip region for two actual fans. It is shown that the fan performance can be significantly improved as proplets are attached to the blade tips. The improving mechanism have been studied and can be stated as follows: The proplets retain the tip vortex and thus the tip induced loss is reduced remarkably, and the additional propulsion moment is gained because the proplets partly balance the drag moment due to profile loss in the tip section. The conclusions presented in this paper may be applied to the tip section of propeller or helicopter rotor for performance improvement.

APPLICATION OF UNSTEADY FLOW REFRIGERATION TO RECOVERY OF PETROLEUM GAS

Shen Zhenhua

(Shenyang Institute of Aeronautical Engineering)

Abstract

The refrigeration principle of "thermal separator" is analyzed in light of unsteady flow dynamics and a simplified physical model is presented to improve the refrigeration efficiency. The analytical study shows that it is necessary to control the pressure ratio P_4/P_1 properly and to match the length of working pipes with the size and revolution speed of the unit in order to increase its efficiency. The unit may be used for recovery of petroleum gas, cold storage and central airconditioning.

APPLICATION OF DAMAGE RULES TO TIME-DEPENDENT FATIGUE LIFE PREDICTION

Dong Zhaoqin, Duan Zuoxiang, He Jinrui

(Beijing Institute of Aeronautical Materials)

Abstract

Linear Damage Rule (LDR) and Interaction Damage Rule (IDR) are compared and applied to Strain Range Partitioning (SRP) and Strain Energy Partitioning (AEP)