

离心风机不同叶片型式下的气动性能研究

吕 为 吴立升 / 宜兴台玉环境工程设备有限公司
顾蕴松 / 南京航空航天大学空气动力学系

Abstract

■ 摘要: 本文针对风机叶轮内流动损失问题, 设计加工了 4 种不同型式的叶片, 并通过试验对比分析了各型式叶片对风机气动性能的影响。测试结果表明: 改进叶片型式可有效改善叶轮内流动, 改进风机结构, 提高运行效率。

■ 关键词: 离心风机; 叶轮叶片; 风机性能; 进风测试

中图分类号: TH43 文献标识码: B
文章编号: 1006-8155(2011)02-0018-03

The Aerodynamic Performance Research of Centrifugal Fan with Different Types of Blades

Abstract: For reducing the flow loss in the impeller of centrifugal fan, four different types of blades are designed and the influences of each type blade on aerodynamic performance of fan are compared and analyzed based on the test. The experiments show that the improved impeller blade can be effective in improving the impeller flow, fan structure and advancing the operating efficiency.
Key words: centrifugal fan; impeller blade; fan performance; intake test

0 引言

离心风机是工业生产中提供气体动力的重要设备^[1], 在钢铁、水泥、电力、煤矿、石化及废气污水处理等众多行业中有着极其广泛的应用。但是受多种因素影响, 风机的运行效率往往不够理想, 实际消耗电能过大, 给用户单位造成一定的经济损失。

风机的能量损失分为流动损失、容积损失和机械损失, 其中以流动损失为主。由于气体具有粘性, 风机叶轮和蜗壳存在不同程度的摩擦和分离等损失, 使

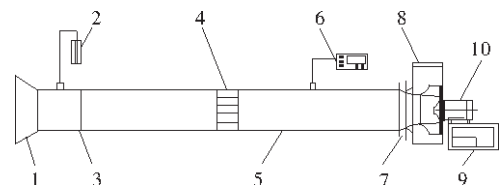
得风机效率很难达到理想要求。国内外科研工作者通过数值模拟和试验等手段, 针对离心风机叶轮叶片、蜗壳结构优化^[2-4]、内部多维流动分布测试模拟^[5-6]及噪声控制^[7-8]等方面进行了大量的研究工作。

离心风机叶片对叶轮内的实际流动情况起主要作用, 合理优化叶片型线和叶片型式, 可有效提升风机与其他流体机械综合性能^[9-10]。本文针对叶轮内存在的边界层分离流动和二次流等流动损失, 设计制造长短叶片、开缝叶片和前推叶片等不同型式叶片, 并通过试验对比分析了各型式叶片的气动性能优劣, 以便改进风机结构, 提高运行效率。

1 试验系统与方法

1.1 离心风机进风测试系统

通风机性能试验台参照 GB/T 1236-2000《工业通风机用标准化风道进行性能试验》设计, 选用 C 型^[11](管道进口和自由出口)进风测试装置, 见图 1。



1.集流器 2.补偿微压计 3.节流调节板 4.整流栅板
5.进气风筒 6.压力传感器 7.进口锥 8.试验风机
9.电机支座 10.电机

图 1 离心风机进风测试系统示意图

收稿日期 2010-10-24 南京市 210016

图中进风管道选用聚丙烯(PP 塑料)加工而成,可保证管道内壁的光洁度。试验所用测试仪器均符合标准要求,精度为0.2~0.5级。试验测试使用部分仪器型号如下:补偿微压计YJB-1500,差压式压力传感器kanomax6112,单相功率表D26-W型,电流互感器HL1。

1.1 试验方法

通过分别测得正常叶片、开缝叶片、前推叶片及长短叶片等不同叶片型式下,通风机的流量、进口压力及电机消耗有功功率。分析不同叶片型式对通风机气动效率的影响。试验时统一以风机进口静压力为基准,比较相同进口压力下风机流量的变化和效率的提升。相关计算公式如下:

$$\text{通风机流量 } Q = A_1 \times \psi \times \sqrt{\frac{2 \times p}{\rho}} \quad (\psi = 0.95 \sim 1)$$

$$\text{通风机进口静压 } p_e = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4}$$

$$\text{通风机动压 } p_d = p_{d2} = \frac{1}{2} \times \rho \times \left(\frac{Q}{A_2}\right)^2$$

$$\text{通风机全压升 } p = p_e + p_{d2} - p_{d1} + p_{损}$$

$$\text{电机有功功率 } N = UI \cos(\phi)$$

$$\text{电机机械效率 } \eta$$

$$\text{通风机效率 } \eta_p = \frac{p \times Q}{1000 N \times \eta} \times 100\%$$

式中 \bar{p} 为风筒进口端内壁平均压力,由伯努利定理换算风筒内平均速度 v_1, v_2, v_3, v_4 为通风机进口端内壁平均压力,测试每组叶片时统一取该处相同静压值为参考基准,风机出口处静压值取为大气压力; A_1, A_2 分别为风筒截面积与通风机出口截面积; p_{d1}, p_{d2} 分别为通风机进口动压与出口动压。

2 试验结果与分析

2.1 试验通风机

试验通风机选用环境保护行业使用较为广泛的低压力、中等流量离心式通风机。通风机与电机传动方式为电机直联型(A型),可减少机械传动损失对风机效率的影响。选用电动机额定功率2.2kW,额定转速为1420r/min,机械效率为0.81,其他具体参数见表1。

表1 试验用离心风机主要工况参数

风机型号	流量 $Q/(m^3/h)$	工作全压 p/Pa	电机转速 $/(r/min)$	工作温度 $/^{\circ}C$
MTL-No.03	3600 ~ 7200	450 ~ 1000	1420	<80

2.2 试验通风机叶片型式的设计

离心式通风机叶轮内的损失主要分为两种,叶轮进口冲击损失与叶道内流动损失。进口冲击损失一般通过选用合适的叶片进口安装角来调节,叶道内流动损失又由摩擦损失、分离损失和二次流损失等组成,可以通过多种方式来抑制损失大小,其中改善叶轮叶片型式即为一种简单可行的途径。

图2分别给出了4种不同叶片二维示意图。其中,开缝叶片是指在常规叶片后侧某一弦向位置处开一细长窄缝;前推叶片在相同位置处将叶片截成两段,并将后段小叶片适当前推,而长短叶片是指在相邻两个常规叶片之间加某一比例的短叶片。

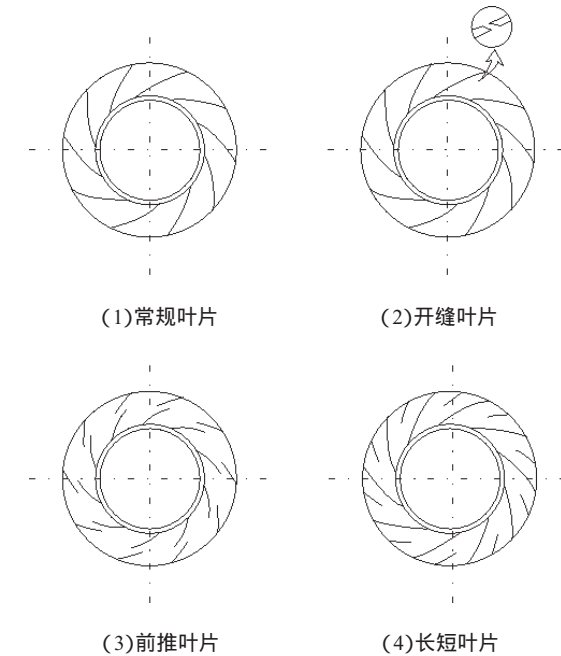


图2 不同型式叶片的示意图

2.3 不同叶片型式下风机性能对比

图3给出了不同叶片型式下离心通风机的流量-全压实测曲线。从图中可以分析,相比常规叶片型式风机,相同流量下长短叶片型风机全压最大,在效率最高点全压增长6.61%;而相同流量下,开缝叶片、前推叶片型风机全压有不同程度的下降。随着流量的增加,前推叶片型风机

全压损失比较严重,最大全压损失可达 19.871%。

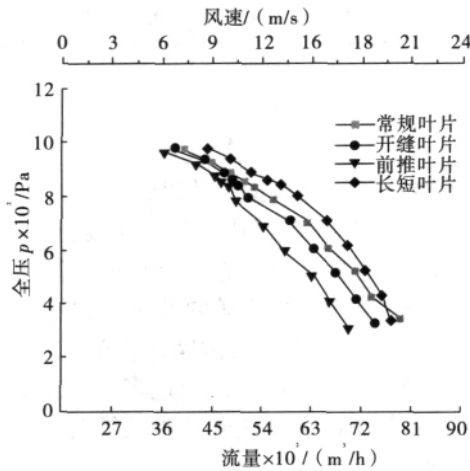


图3 不同叶片型式下风机流量-全压实测曲线

图4给出了不同叶片型式下离心通风机的效率-静压实测曲线,为便于对比分析,横坐标统一取风机进口静压值,各测试点取值在测试时保持相同。从图中可以直观地看出(除个别点外),在选取的各测试静压点,长短叶片风机效率最高,开缝叶片风机效率略低于常规叶片风机,而前推叶片风机效率则有大幅明显下降。

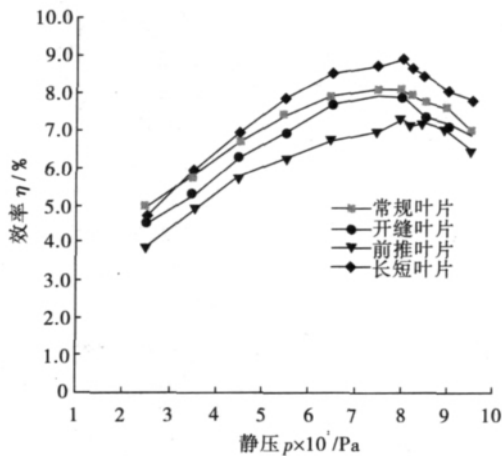


图4 不同叶片型式下风机效率-静压实测曲线

表2列举了4种叶片型式风机在最高效率点的主要测试参数的对比结果。不难发现,相比常规叶片,开缝叶片型风机流量和压力变化很小,电机消耗功率没有变化;而前推叶片虽然最高效率点全压增加,但是电机功耗增大,流量损失严重,效率下降近7个百分点;长短叶片在最高效率点电机功耗增大,但是风机全压增长6.615%,流量增长2.828%,风机整体效率提高了6个百分点,极大地提升了风机效率,改善了风机气动性能。

表2 各叶片型式样机实测结果对比

叶片类型	功率/W	p/Pa	$Q/(\text{m}^3/\text{h})$	$\eta/\%$
常规叶片	1.515	793.7	5586	80.9
开缝叶片	1.515	796.3	5423	79.5
前推叶片	1.530	832.4	4995	72.6
长短叶片	1.522	846.2	5744	87.1

备注:上表中电机功率、全压、流量及全压效率均为试验中风机效率最高点取值

3 结论

本文在进风试验测试的基础上,设计制作了常规叶片、开缝叶片、前推叶片和长短叶片等不同叶片型式离心风机。测试结果表明:采用不同叶片型式叶轮对风机整体气动性能有不同程度的影响,并找到了一种可有效提升风机整体性能的叶片型式,即长短叶片型式叶轮,可将风机最高效率由80.9%提高至87.1%,且在最高效率点全压增长6.615%,流量增长2.828%,有效提升风机性能,该叶片型式在同类低压中等流量型风机设计生产中有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 石雪松, 邱明杰. 新型工业化时期我国离心风机行业发展趋势分析[J]. GM通用机械, 2009(1):15-21.
- [2] 李景银, 牛子宁, 梁亚勋. 可控减速法设计离心风机两元叶片的研究[J]. 西安交通大学学报, 2009,43(9):67-70.
- [3] 倪长安, 徐云云, 庞奇, 等. 通用型离心风机叶片数量对性能的影响规律[J]. 农业机械技术与制造, 2009(7):67-70.
- [4] 孙长辉, 刘正先, 王斗, 等. 蜗壳变型线改进离心风机性能的研究[J]. 流体机械, 2007,35(4):1-5.
- [5] Yu-kun Lü, Quan LU, Jian WANG, et al. 3D Numerical Simulation of Centrifugal Fan inside Flow Field and Modification Investigation. International conference on Power Engineering, 2007(10):23-27.
- [6] 武晓刚, 王家楣, 姜丙坤, 等. 离心风机内部流场三位数值模拟[J]. 平顶山工学院学报, 2006,15(2):22-24.
- [7] Jianfeng MA, Datong QI, Yijun MAO. Noise reduction for centrifugal fan with non-isometric forward swept blade impeller [J]. Front. Energy Power Eng. China 2008,2(4):433-437.
- [8] 刘晓良, 祁大同, 刘天一, 等. 前向离心风机吸声蜗壳降噪的试验研究[J]. 西安交通大学学报, 2009,43(3):92-96.
- [9] 于跃平, 胡继孙, 陈启明, 等. 叶片型线对离心风机气动性能影响试验研究与叶轮流场计算[J]. 流体机械, 2007,35(7):25-29.
- [10] 黄东涛, 边晓东, 唐旭东, 等. 长短叶片开缝技术在离心风机设计中的应用[J]. 清华大学学报, 1999,39(4):6-9.
- [11] 中华人民共和国国家标准 GB/T 1236-2000 《工业通风机用标准化风道进行性能试验》[S].