

离心风机不同叶片型式下的气动性能研究

吕为¹, 顾蕴松¹, 吴立升²

(1.南京航空航天大学空气动力学系,南京 210016; 2.宜兴台玉环境工程设备有限公司,无锡 214204)

摘要: 从抑制风机叶轮内流动损失出发,设计加工了开缝叶片、前推叶片和长短叶片等不同型式叶片,并进行进风实验性能测试,对比分析各型式叶片对风机流量、全压升等气动性能的影响。测试结果表明,开缝叶片对风机性能影响很小,前推叶片不利于风机性能的改善,而采用长短叶片可将风机最高效率由 80.9%提高至 87.1%,最高效率点风机全压增长 6.615%,流量增长 2.828%,有效提升风机性能。实验证明,改进叶片型式可有效改善叶轮内流动,对改进风机结构,提升运行效率有一定指导意义。

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:** A

The aerodynamic performance research of centrifugal fan with different types of blades

LV Wei, GU Yun-song, WU Li-sheng

(Department of Aerodynamics, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016;

Yixing Taiyu Environmental Engineering Equipment Co.Ltd, Wuxi 214204)

Abstract: For reducing the flow loss in the impeller of centrifugal fan, designed different types of blades, including slotted blades, forward-pushed blades and long-short blades. Through experimental test, compared the effect to the aerodynamic performance of the centrifugal fan with different types of blades such as flow flux and stagnation pressure. The results show that the slotted blade has little impact on fan performance, the forward-pushed blade is not propitious to improve it, while the the long-short blade has improved the fan performance a lot, the peak efficiency can be increased from 80.9% to 89.1%. At the peak efficiency of long-short blade fan, the stagnation pressure increment between the inlet and outlet of the fan increases 6.615% and the flow flux increases 2.828%. The experiments show that the improved impeller blade can be effective in improving fan structure and advancing the fan performance.

Key words: centrifugal fan; impeller blade; fan performance; experimental test

0 引言

离心风机是工业生产中提供气体动力的重要工艺设备^[1],在钢铁、水泥、电力、煤矿、石化、废气污水处理等众多重要行业中有着极其广泛的应用。但是受结构、制造工艺、设计理论不完善等因素影响,风机运行效率不够理想,实际消耗电能过大,给相关工业生产行业带来经济损失。

风机的能量损失分为流动损失、容积损失和机械损失,其中流动损失为最主要部分。由于气体具有粘性,风机叶轮、蜗壳存在不同程度的摩擦、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测试等手段,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]、噪声控制^[7-8]等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状态起主要作用,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、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,对改进风机结构、提高运行效率有一定的指导意义。

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,试验系统框图见图 1。

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 GB/T 1236-2000 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,

收稿日期: 2010-03-24; 修订日期:

作者简介: 吕为(1986-),男,江苏省泰州市人,研究方向:流体机械总体设计、高效通风机设计优化。

E-mail: lanlv501@163.com

电流互感器 HL1。

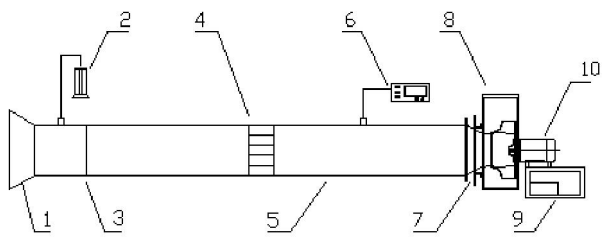


图1 离心风机进风测试系统示意图

Fig.1 The schematic diagram of the test system

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

1.2 试验方法

本文试验的目的是分析不同叶片型式对通风机电效率的影响。主要方法是通过分别测得正常叶片、开缝叶片、前推叶片、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；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，效率的提升。相关计算公式如下：

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

$$\text{通风机进口静压} \quad P_e = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{4}$$

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

$$\text{通风机全压升} \quad P = P_e + P_{d2} - P_{d1} + P_{损}$$

$$\text{电机有功功率} \quad N = UI \cos(\varphi)$$

$$\text{电机机械效率} \quad \eta$$

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

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； p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_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、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 实验结果与分析

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 1420 转/分，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 (°C)
MTL-No. 0 3	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、二次流等各种损失组成，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 分别给出了本文所设计的常规叶片、开缝叶片、前推叶片以及长短叶片的四种不同叶轮二维示意图。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。下文通过实验测试的方法，比对四种型式叶片对通风机电效率性能的影响。

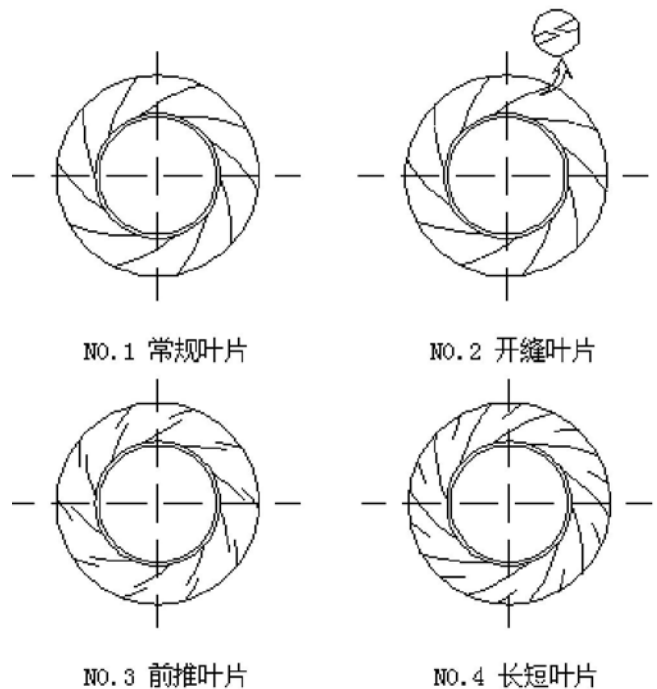


图 2 不同型式叶片的示意图

Fig.2 The schematic diagram of different types of blades

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式风机全压最大，在效率最高点全压增长6.615%；而相同流量下，开缝叶片、前推叶片型式风机全压有不同程度的下降。随着流量的增加，前推叶片型式风机全压损失比较严重，最大全压损失可达19.871%。

图4给出了不同叶片型式下离心通风机的效率曲线，为便于比对分析，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明显大幅下降。

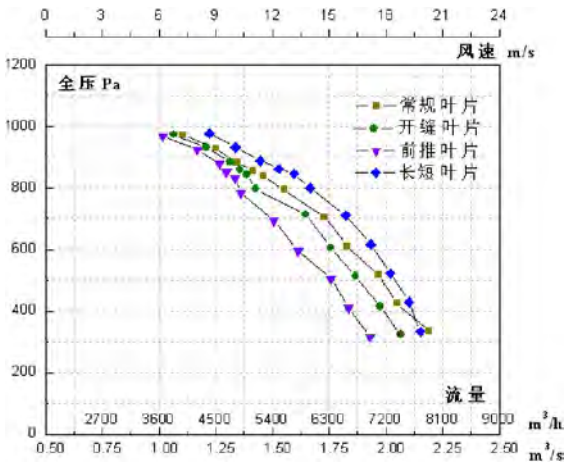


图3 不同叶片型式下风机流量-全压实测曲线

Fig. 3 the flux-pressure curve of the fans with different types of blades

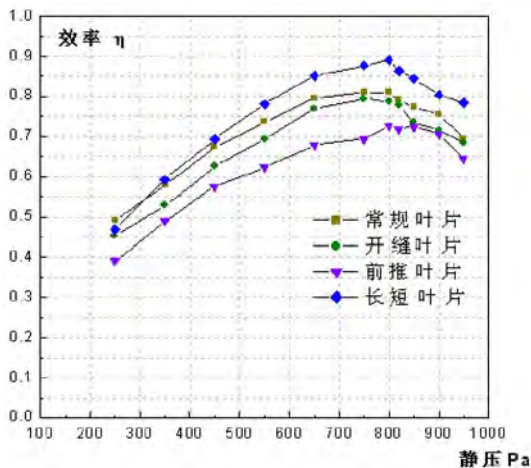


图4 不同叶片型式下风机效率-静压实测曲线

Fig. 4 the efficiency-static pressure curve of the fans with different types of blades

表2列举了四种叶片型式风机在最高效率点的主要测试参数的比对结果。不难发现，相比常规叶片，开缝叶片型式风机流量、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6个百分点有余，极大程度地提升风机效率，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/(m³/h)	100×η
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

本文在进风实验测试的基础上，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形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，即长短叶片形式叶轮，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年 第1期.
- [2] 李景银, 牛子宁, 梁亚勋. 可控减速法设计离心风机二元叶片的研究[J]. 西安交通大学学报, Vol. 43, No. 9, Sep. 2009.
- [3] 倪长安, 徐云云, 庞奇, 师清翔, 刘师多, 周学建. 通用型离心风机叶片数量对性能的影响规律[J]. 农业机械技术设计与制造, N07B. 2009.
- [4] 孙长辉, 刘正先, 王斗, 罗惕乾. 蜗壳变型线改进离心风机性能的研究[J]. 流体机械, 2007年第35卷第4期.
- [5] Yu-kun Lü, Quan LU, Jian WANG and Jian ZHANG. 3D Numerical Simulation of Centrifugal Fan inside Flow Field and Modification Investigation. International

conference on Power Engineering-2007, October 23-27, 2007, Hangzhou, China.

- [6] 武晓刚, 王家楣, 姜丙坤, 金建明. 离心风机内部流场三位数值模拟[J]. 平顶山工学院学报, Vol.15 No.2 Mar. 2006.
- [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, 祈大同, 刘天一, 袁民建. 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, Vol. 43, No. 3, Mar. 2009
- [9] 于跃平, 胡继孙, 陈启明, 杨吉梅. 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, Vol. 35, No. 7, 2007
- [10] 黄东涛, 边晓东, 唐旭东, 卢钰. 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, Vol. 39, No. 4, 1999
- [11] 中华人民共和国国家标准 GB/T1236-2000《工业通风机用标准化风道进行性能试验》[S]