

# 低噪声排风扇叶片的设计和研制

张维智

(中国空气动力研究与发展中心低速所 四川安县 622662)

**摘 要** 介绍采用修改后的 stratford 压力分布而设计的大攻角失速高升力特性翼型应用到  $\Phi 500\text{mm}$  型排风扇叶片设计和研制中。试验结果表明:该台 A 声级噪声为 58 分贝,排风量比原来的排风扇风量大 4%,A 声级噪声比原来的排风扇噪声均下降 15dB。

**关键词** 低噪声 排风扇 气动设计 翼型 控制分离

**中图分类号** TU834.3<sup>+6</sup>

国家环保局局长曲格平于 1992 年 6 月 5 日在世界环境日谈到大、中城市环境污染问题时指出:大气污染、水质污染、噪声污染、固体废弃物这四项公害必须控制和治理。这里噪声污染名列第三。城市的主要噪声源之一:交通噪声。已经被人们引起高度的重视,并制定了一系列控制交通噪声的法规;噪声源之二:锅炉鼓、引风机噪声,在许多城市的环保部门已制定极限值。因而,低噪声锅炉风机、排风扇成为市场抢手货。但是,我国的锅炉风机、排风扇的噪声仍然在大于 70 分贝以上。特别在“民以食为天”的大、中城市粮食的储运、加工工业领域中,风机是其心脏,风机的噪声直接困扰着生产工人健康,因此目前由噪声产生的扰民问题是从从事噪声研究工作者迫切解决的。中国空气动力研究与发展中心低速研究所研制的低噪声排风扇已经使排风扇的噪声下降到最小<sup>[1]</sup>,达到国际标准中对在混合区、商业区的环境噪声标准不得大于 60dB 的要求<sup>[2]</sup>。

## 1 新型轴流式排风扇翼型的设计

新型的轴流式排风扇的叶片采用的是尽量保持翼型前缘处为附着流的翼型。而该翼型设计是用修改后的 stratford 压力分布的低雷诺数高升力特性翼型<sup>[3,4]</sup>。

翼型设计的基本思想是,尽量保持翼型前缘处为附着流,如果分离,则推迟分离。利用几何外形控制分离时,考虑在翼型上表面采用气泡型相互干扰,即翼型头部设计采用厚翼的短泡失速,使得头部在分离时对升力贡献仍为最佳。而在翼型的后部恢复区内,尽量保持薄翼的长泡失速。这样翼型表面上存在着气泡型干扰的复杂分离流动。翼型下表面后缘处加速区尽量向尾部移动,减小加速区边界层外的前进速度使尾涡层的强度减弱。当攻角增大后,使上翼面分离涡变成一集中涡,当攻角再进一步增大时,分离涡变成驻涡停留在翼型表面上。

设计方法是首先假定来流为二维不可压定场流动,采用变分求极值原理,确定出最佳升力时所对应的最佳压力分布,然后,根据 Weber 给定压力分布求解翼型理论进行计算.按照上述的方法不可能得到在物理上和结构上符合要求的翼型,再根据翼型设计的基本思想,调整翼型表面上的压力分布,获得所需的翼型外形,根据图 1 设计的翼型表示在图 2 中.

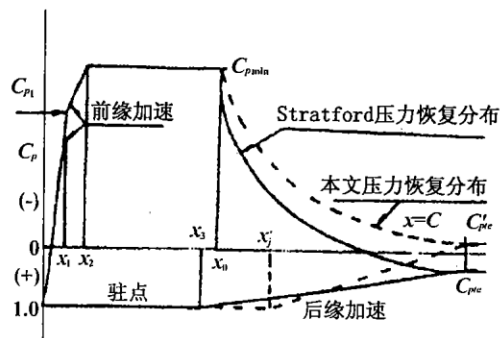


图1 修改后的压力分布

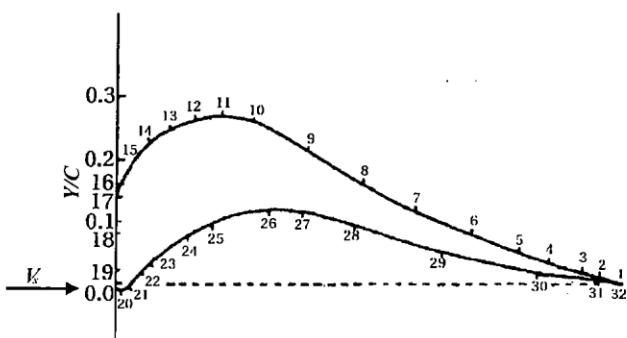


图2 利用修改后的压力分布设计的翼型

## 2 翼型气动力试验和流动显示

翼型测力和测压试验是在  $1.2\text{m} \times 0.3\text{m}$  的二维风洞中进行的. 模型弦长  $C = 0.25\text{m}$ , 展长  $L = 0.3\text{m}$ , 试验雷诺数  $Re = 5.6 \times 10^5$ . 该翼型未经洞壁干扰时的升力系数  $C_y = 2.119$ , 经过洞壁干扰后升力系数  $C_y = 1.8$ , 失速攻角  $\alpha = 34^\circ$ , 图 3 和图 4 是翼型在攻角  $\alpha = 34^\circ$  的压力分布曲线和流动显示.

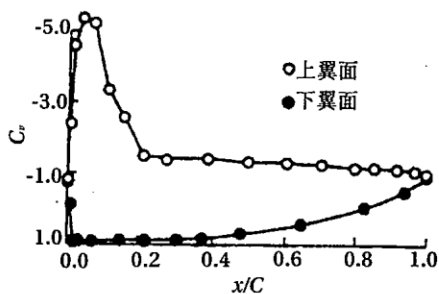
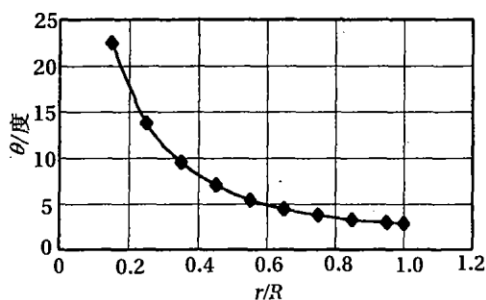
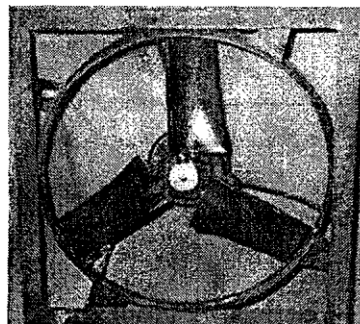
图3  $\alpha = 34^\circ$  时翼型  $C_p \sim X/C$  曲线

图4 翼型在水洞的流动显示

排放扇的叶片设计就是选用低雷诺数高升力翼型. 该翼型有抑制气流分离和减小尾涡层发展的能力. 因此它满足轴流式排风扇减小涡流噪声的需要, 对降低各类工业排风扇、鼓风机的涡流噪声.

## 3 新型轴流式排风扇风轮设计

新型轴流式  $\Phi 500\text{mm}$  的风轮是根据叶素-动量理论设计的. 叶片各剖面的扭角详见图 5 中, 叶片厚度沿展向是线性变化, 弦长采用等弦长设计. 设计好的轴流式  $\Phi 500\text{mm}$  风扇与相匹配的电机详见图 6.

图 5 叶片扭角  $\theta \sim r/R$  变化曲线图 6 新型轴流式  $\Phi 500\text{mm}$  排风扇

#### 4 新型的轴流式排风扇的性能测试

试验采用丹麦制造的 Type 2203 型声频仪和 Type 16B 频带过滤仪进行 A 声压级、C 声压级和频带声压级的测量。在测量噪声时,声频仪安置在与风扇旋转中心相垂直的平面内偏侧  $45^\circ$ ,并离开风扇 1m 处进行测量。另外,排风扇的排风量测量采用 1218-20 型的热线风速仪。试验测量结果中可以得到:新型排风扇噪声的 A 声压级 58dB;在低频率  $f \leq 1\text{k}$  噪声频带声压级 51dB;当  $f \geq 8\text{k}$  噪声频带声压级 33.5dB。原型排风扇噪声的 A 声压级 73dB;在噪声低频率  $f \leq 1\text{k}$  频带声压级 68dB;当  $f \geq 8\text{k}$  噪声频带声压级 50dB。新型排风扇的噪声 A 声压级比原型排风扇低 15dB,从噪声频带声压级的得出:在低频率  $f < 1\text{k}$  时,新型排风扇比原型排风扇低 17dB 左右;当  $f \geq 8\text{k}$  时,新型排风扇频带声压级比原型排风扇低 16.5dB。而且新型排风扇的排风量比原型排风扇的排风量增大 4%。所以说新型排风扇既降低系统的噪声又提高了系统的排风量。

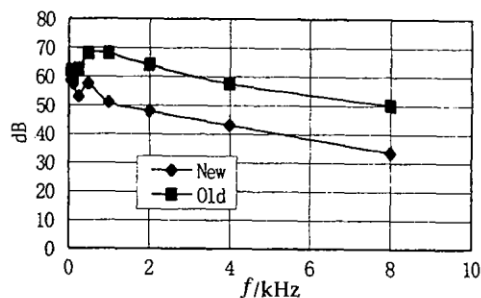


图 7 新、旧排风扇的噪声对比曲线

表 1 对比试验结果 (dB)

型 号	A 声压级	C 声压级	频带声压级 /k							
			0.625	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8
新型风机叶片	58	64.5	58.5	57.5	53	57.5	51	48	43	33.5
原型风机叶片	73	75	62	60	62.5	68	68	64	57.5	50

新型的轴流式排风扇和原轴流式排风扇噪声的对比详见图 7 中。

#### 5 结 论

(1) 低噪声排风扇叶片的设计使用了低雷诺数高升力翼型,具抑制了气流分离又降低风扇处的旋转噪声。

(2) 当排风扇的叶片采用环氧树脂一次性铸模成型时,也有助于降低整机的噪声。

(3) 在相同的风速下新型排风扇 A 声压级比原型排风扇低 15dB、C 声压级比原型排风扇低 10.5dB。其次新型排风扇的排风量与原型排风扇的排风量大 4%。

(4) 在低频率  $f < 1\text{k}$  时,新型排风扇频带声压级比原型排风扇低 10dB 左右;当  $f > 1\text{k}$  时,新型排风扇频带声压级比原型排风扇低 15dB 左右。

## 参 考 文 献

- 1 张维智.  $\Phi 500\text{mm}$  型低噪声排风扇风轮气动设计和研制. 新能源, 1998, 20(8)
- 2 方丹群等. 噪声控制. 北京: 北京出版社, 1986
- 3 张维智. 低雷诺数高升力翼型大攻角失速特性的实验研究: [博士学位论文]. 北京: 清华大学, 1995
- 4 张维智, 贺德馨, 张兆顺. 低雷诺数高升力翼型的设计和试验研究. 空气动力学报, 1998, 16(3)

## Interdiction design and development for turbine of a low noise discharge fan

Zhang Weizhi

(China Aerodynamics R & D Center Low Speed Institute, P. O. Box 129, An Xian, Mianyang, Sichuan, P. C. 622662)

**Abstract** This paper introduced that turbine of the type  $\phi 500\text{mm}$  fan discharge of low noise aerodynamic was used an airfoil of large stall angle of attack and high lift and an airfoil was designed using the modified Stratford's optimum pressure distribution. The experimental results showed that the discharge of the new turbine increased four percent than old and the noise of the new turbine decreased 15 dB than old.

**Key words** low noise discharge fan aerodynamic design airfoil control separation