

组合桨刀对模型螺旋桨的气动与声学性能影响的试验

北京航空航天大学 毛熙昌^{**} 宋宏海 崔玉普

【摘要】 某 3 叶模型螺旋桨在桨叶叶尖半径 80% ~ 90% 范围内的弦向位置, 按桨刀的尺寸、数目、位置的不同组合安装桨刀, 以分隔叶面径向流和环向流的交互影响, 阻止桨尖附面层的分离和涡旋的形成。在地面静止条件下 ($V = 0$) 进行了带有组成桨刀螺旋桨与不带桨刀螺旋桨的对比试验。结果表明, 带桨刀螺旋桨的气动性能都明显提高, 噪声显著下降, 在比较点有的高达 4 ~ 5 dB。

主题词: 螺旋桨桨叶 噪声 试验 性能

分类号: V235.12

1 前言

在文献 [1] 仅是一种桨刀安在一个固定的位置。本文是用 3 种不同尺寸的桨刀, 按安装的位置及数目不同进行组合, 在转速 n 从 1500 r/min 到 3000 r/min, 桨叶角 φ 从 15 至 40 的范围内, 进行模型螺旋桨带桨刀和不带桨刀的气动与声学性能对比试验。试验结果表明, 带桨刀的螺旋桨气动性能明显提高, 噪声显著下降, 其值在比较点有的高达 4 ~ 5 dB。

3 叶模型螺旋桨是某生产型号的缩尺模型, 其缩尺比为 0.265, 叶尖直径为 0.66 m, 翼型为 NACA64 族, 最大转速达 3000 r/min。相应的叶尖切线速度和叶尖 Ma 数分别为 $U_{BT} = 103.7 \text{ m/s}$ 和 $Ma_{BT} = 0.305$ 。

飞机螺旋桨在高速旋转时, 在桨尖区引起附面层分离及产生涡旋, 严重时, 会出现气流由桨叶后缘径叶背流向前缘的反向流动, 反向流动在桨叶叶尖半径 R 的 85% 左右最严重^[2]。为了阻止桨尖附面层的分离和涡旋的形成, 以提高螺旋桨气动性能, 设计的 3 组桨刀, 有一组可装于桨尖半径的 82% 处, 两组可装于 90% 处, 桨刀的长度与安装叶面的弦长相等。3 组桨刀的尺寸及形状如表 1 及图 1 所示。

表 1 3 组桨刀尺寸 (单位: mm)

型别	h	c	b	t	r	r/R
A (old)	9.8	37	5.5	0.9	298	0.90
N	7.8	37	5.5	0.7	298	0.90
S	7.8	42	5.5	0.7	270	0.82

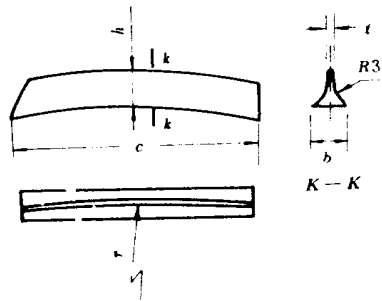


图 1 桨刀尺寸及形状

桨刀接合面与相应安装处的叶背型面吻合,用双面胶纸和胶布将桨刀固定于桨叶上。

为了方便叙述,用 PF 表示桨刀, A(old)、N、S 分别表示 3 组桨刀的型号。如在 $r = 270\text{mm}$ 或 $r = 298\text{mm}$ 处装有桨刀,分别以“1”表示,如没有装桨刀,则以符号“0”表示。例如,在 $r = 270\text{mm}$ 处装桨刀, $r = 298\text{mm}$ 处不装桨刀示为 PF10 桨;在 $r = 270\text{mm}$ 处不装桨刀, $r = 298\text{mm}$ 处装 A 型桨刀称为 PF01A 桨;以此类推。根据 3 组桨刀的安装位置及数目、尺寸,可组合为 6 组方案,即 PF01A、PF01N、PF10、PF11A、PF11N 和 PF00(即无桨刀的原型桨),对每种组合方案都进行了气动与声学性能试验。为了阐述简单方便,桨刀的型号 N 和 S 在书写时均省略。

2 试验设备及测量、结果分析与讨论

在室内静止状态(飞行速度 $V = 0$) 及室外条件下分别进行测量。在设备、测量系统及其它

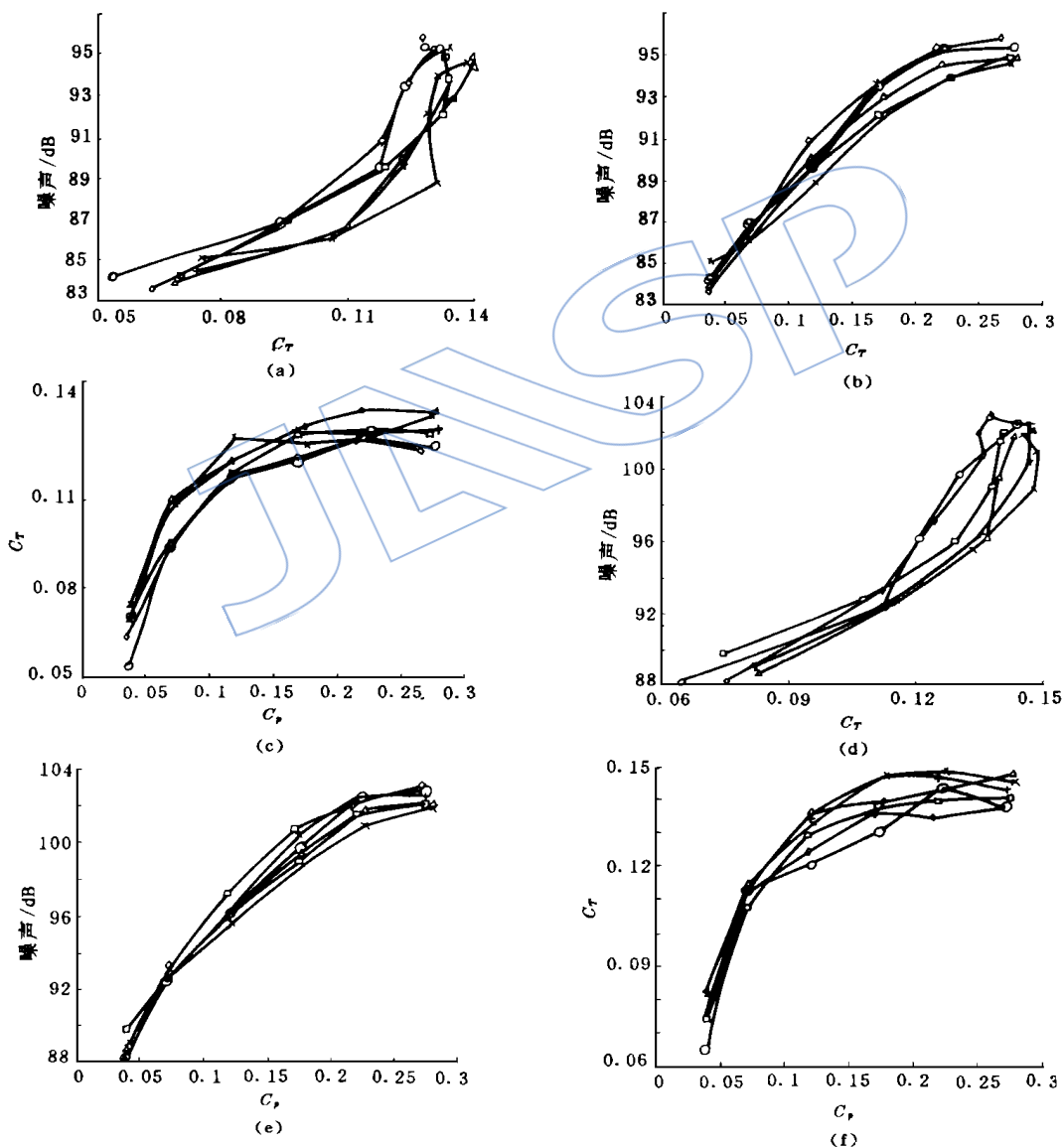


图 2 组合桨刀性能对比曲线

条件相同的情况下,带有各种组合方案桨刀的螺旋桨与不带桨刀的螺旋桨进行了对比试验。实验程序方法及整理数据所用的公式见文献[3]。

图 2(a)~(f) 分别表示 $n = 2100 \text{ r/min}$ 和 $n = 2700 \text{ r/min}$ 时,在室内静止条件下 ($V = 0$) 录取的带刀桨与不带刀桨的气动与声学性能对比曲线($\circ$ PF01OLD, $\diamond$ PF00, $\square$ PF11OLD, $\triangle$ PF10, $*$ PF11, $+$ PF01)。在室外噪声测量的传声器放在与螺旋桨轴等高的平面上,分放 3 个位置,其中第 2[#] 传声器在旋转平面上,距叶尖 66mm,第 1[#]、3[#] 传声器分别在第 2[#] 传声器的上、下游各 300mm,图 2(d)、(e)、(f) 是在室外自由声场, $\varphi = 30^\circ$, $n = 2400 \text{ r/min}$ 无来流情况下 ($V = 0$) 测得的第 2[#] 传声器(Point2)的噪声频谱分析结果。

从图 2(d)、(e)、(f) 可以看出,在室内静止状态下 ($V = 0$) 试验,当转速 $n = 2700 \text{ r/min}$ 时,功率系数 C_P 从 0.09 至 0.27 的范围内,带有各式组合桨刀的螺旋桨,比不带桨刀的螺旋桨,噪声都有不同程度的降低,拉力系数 C_T 都有不同程度的提高;而 C_T 从 0.109 至 0.138 的范围内,带刀桨比不带刀桨,噪声也是有不同程度的降低,其中尤以 PF11 桨性能最好,在比较范围内,噪声降低最多,而 C_T 提高值最大。例如在 $C_P = 0.19$ 时,带刀的 PF11 桨噪声为 99.2dB, C_T 为 0.148,而不带刀桨的噪声为 101.6dB, C_T 为 0.135,两者相比,带 PF11 桨刀的螺旋桨比不带桨刀的螺旋桨(PF00 桨),噪声下降 2.4dB, C_T 增加 0.013,即增加约为 9.6%。在噪声- C_T 图上,当 C_T 为 0.135 时,PF11 桨噪声为 96dB, PF00 桨为 100.8dB,前者比后者噪声下降 4.8dB。在其

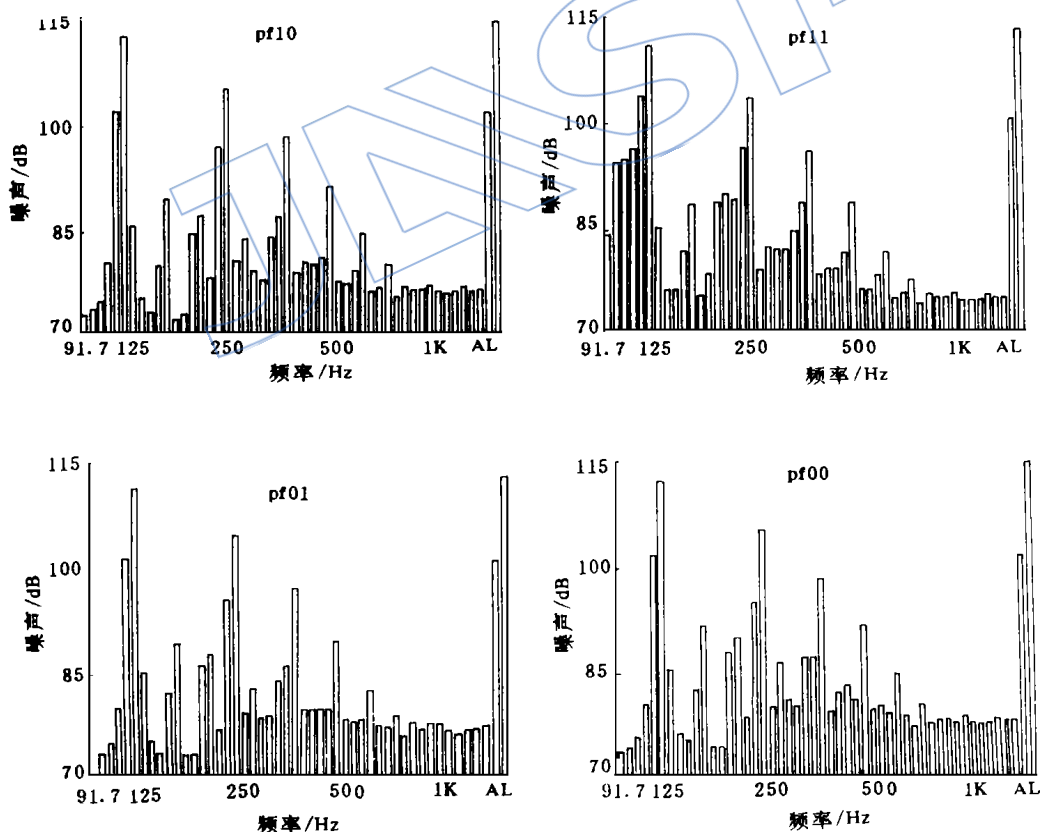


图 3 组合桨刀噪声频谱

它转速试验时,也得到同样规律的结果,如图 2(a)、(b)、(c)。

由这些曲线的相互比较,可以看出:PF11 桨的性能较好,就是说桨刀的数目以安装 2 个桨刀为宜。从 PF10 桨的性能优于 PF01 桨的性能来看,桨刀的位置应安置靠桨根端,即约在 82% 半径处为佳,但差别不太大,且常有相互交叉。

在图 2 上,比较 PF01 和 PF01A 桨还可以看出,PF01 桨的效果优于 PF01A 桨,从这结果说明地面试验时,桨刀矮一些效果好,它们之间的差别比 PF10 和 PF01 之间的差别要大得多,说明桨刀的高度尺寸 h 是一个比较敏感的参数。

图 3 是第 2[#] 传声器在室外所测数据的频谱分析结果。从图 3 可以看出,带有各式组合桨刀的螺桨,其噪声比不带桨刀的螺桨都有不同程度的降低,其中以 PF11 和 PF10 效果较好。但如考虑到重量和工艺性问题,PF10 桨有占优势之可能性。

3 结 论

(1) 带各式桨刀的螺桨比不带桨刀螺桨的气动与声学性能都较好,只是改善程度大小不同而已。(2) PF11 双刀桨和 PF10 单刀桨性能都好,但双刀桨性能更好一些。(3) 单桨刀的位置以放在 82% R 处的效果较好。(4) 桨刀高度以 $h=7.8\text{mm}$ 者实验结果较好,故高度不宜太高。(5) PF11 桨与 PF00 桨相较,在 $C_p=0.19$ 比较点 PF11 桨的噪声可下降 2.4dB 左右, C_T 可增加 9.6%; 在 $C_T=0.135$ 比较点,前者比后者噪声下降约 4.8dB 左右。

致谢 向加工模型螺桨试验台及桨叶的 550 厂李家树总师和有关同志表示衷心的感谢! 对沈阳航空学院王同庆老师室外噪声测量工作的协助表示谢意!

参 考 文 献

- 1 毛熙昌,李红民,王界斌.桨刀对螺桨增效降噪的试验研究.航空动力学报,1993,8(1)
- 2 Lepicovsky J. Laser Velocimeter Measurements in a Model propeller Flowfield. Transaction of the ASME, Journal of Fluids Engineering, 1988, 110(1)
- 3 毛熙昌,王界斌,李红民.两个缩尺寸模型螺桨的气动与声学性能对比试验.航空动力学报,1991,6(4)

(责任编辑 魏星禄)