

张莉红, 李 杨, 卢纪富. 农机轴流风机叶片气动声学性能试验研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(8): 392-393.

农机轴流风机叶片气动声学性能试验研究

张莉红¹, 李 杨², 卢纪富¹

(1. 郑州大学土木工程学院, 河南郑州 450001; 2. 青岛科技大学机电工程学院, 山东青岛 266061)

摘要:以农业机械中的低速轴流风扇弯掠叶片为对象, 通过气动声学试验, 获得了不同运行工况下声压级的变化规律, 对比研究叶片周向弯曲方向对低速轴流风扇气动噪声的影响。结果显示, 低速轴流风扇的尾迹宽度的径向分布规律受到叶片弯曲方向的影响不大, 即叶轮尾迹宽度沿径向都呈现逐渐减小的变化规律, 与后弯叶片相比, 前弯叶片的降噪性能更强。

关键词:低速轴流叶轮; 周向弯曲叶片; 内部流场; 尾迹宽度

中图分类号: TH432.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0392-02

农业机械中的风机尤其是轴流风机应用很广, 如农业植保机械, 常用气流喷洒药粉和药液, 并使药液雾化; 在收获、清选谷物的机械上, 用强气流进行清选及谷粒分级; 在干燥谷物的机械中, 用气流作为媒介加热烘干谷物, 同时带走水蒸气; 在农机输送装置中, 借气流输送各种农业物料; 在播种施肥机械中, 用气流排种、清种、送种、气力施肥。此外, 在农业设施、农副产品加工等方面也常常用到风机。值得一提的是, 农业温室中的湿帘风机降温系统是当前我国大面积农业生产设施中应用最经济有效的降温系统, 设备费仅为空调机组的 1/5, 运行费用仅为空调机组的 1/10, 具有设备简单、成本低廉、耗能小、产冷量大、运行可靠等优点, 其关键部件就是低压大流量轴流风机。因此, 风机的性能是提高工作效率、保证工作质量的关键。而通风机叶片气动声学性能是农业通风机性能试验中的一个关键问题, 本试验研究了具有不同周向弯曲方向的 3 种农业通风机叶轮风扇叶片的总体气动和声学性能。

1 总体气动性能试验结果

图 1 给出了风扇叶轮的无量纲气动性能曲线测量结果: 全压-流量和全压效率-流量曲线。图 1 中的流量系数 φ 、全压系数 Ψ 和气动效率 η 的定义式分别为:

$$\varphi = \frac{Q}{\pi u r^2}$$

$$\Psi = \frac{P}{\rho u^2}$$

$$\eta = \frac{Q \cdot P}{N} \times 100\%$$

式中: Q 为流量, m^3/s ; N 为功率, W ; u 为叶尖旋转线速度, m/s ; r 为叶轮半径, m ; P 为总压, Pa ; ρ 为流体密度, kg/m^3 。

如图 1-a 为 3 个叶轮进出口端的全压升(差)随叶轮流量的变化曲线。曲线能够很清晰地展示叶轮风扇的轴流风扇的特征, 即从最低全压升开始, 随着流量的减小, 曲线的斜率先由负值逐渐增加, 后又逐渐减小。图 1-b 给出了 3 个叶轮的全压效率随流量的变化情况。能够看出, 对于 3 个叶轮来

说, 在流量系数等于 0.267 7 处, 前弯叶轮效率达到最大值 85.4%, 径向叶轮达到最大效率 82.2%, 后弯叶轮达到最大效率 55.5%。当流量继续增加时, 3 个叶轮的全压效率都下降, 其下降速度明显快于取得峰值效率之前的一小段, 其中, 前弯叶轮下降幅度最小, 约为 3.4 百分点; 径向叶轮其次, 约为 6 百分点; 后弯叶轮下降幅度最大, 达到 8.5 百分点。根据以上气动性能特点, 在实际运行时, 3 个叶轮的峰值效率点不宜作为其设计工况点, 而应该在邻近并小于此处流量的一点处。位于流量系数 0.257 处, 前弯叶轮的设计工况点全压效率为 85.1%, 径向叶轮的设计工况点全压效率为 81.9%, 后弯叶轮的设计工况点全压效率为 54.8%。

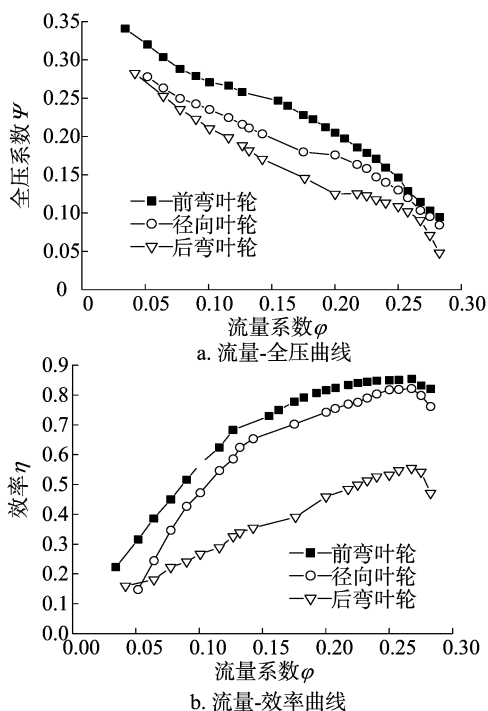


图1 风扇叶轮总体气动性能试验曲线

结合图 1, 下面讨论叶轮的失速裕度。这里给出低压轴流风扇叶轮失速裕度的定义^[1-3]:

$$\Delta = \frac{Q_1 - Q_{\min}}{Q_{\min}} \quad (1)$$

收稿日期: 2013-05-29

作者简介: 张莉红(1976—), 女, 河南漯河人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为动力设备及节能。E-mail: zhanglihong@zzu.edu.cn.

式中: Q_{\min} 为叶轮稳定运行工况的流量最小值 (m^3/s); Q_1 为最高效率处的叶轮流量值 (m^3/s)。

计算得 3 个叶轮风扇的失速裕度分别为: 前弯叶轮达到 52.9%, 径向叶轮为 33.8%, 后弯叶轮为 23%。能够看出, 与径向叶轮风扇比较, 叶片周向前弯, 其失速裕度明显增大, 增加了 56.5%; 与径向叶轮风扇比较, 叶片周向后弯, 失速裕度明显减小, 减少了 32%。

2 气动声学性能试验结果

图 2 给出了 3 个叶轮总声压级随流量变化的试验结果。如图 2 所示, 3 个叶轮风扇的气动噪声都呈现以下规律: 随着流量的增加, 气动噪声先逐渐增加, 当接近最大效率点时略有降低, 在最大效率点达到最低, 之后又逐渐增加。但 3 个叶轮的气动噪声值有所差异, 总体来看, 前弯叶轮噪声最低, 后弯叶轮次之, 径向叶轮气动噪声最大。在最高效率点附近, 前弯叶轮气动噪声为 56.6 dB(A), 径向叶轮为 64.3 dB(A), 后弯叶轮为 60.5 dB(A)。与径向叶轮比较, 叶片周向前弯, 其气动噪声降低了 12%; 与径向叶轮比较, 叶片周向后弯, 其气动噪声降低了 6%。对于失速裕度, 从能量守恒的观点进行分析, 与效率最大点相比, 其他工况点下叶轮风扇内部流动的损失更大。噪声是各种损失的集中表现, 因此对于低压轴流风扇来说, 效率最大点的总声压级最低。

对于非设计工况点, 由于气流黏性的影响此时叶轮的涡流损失更大, 这是导致其气动噪声更强的主要原因之一。

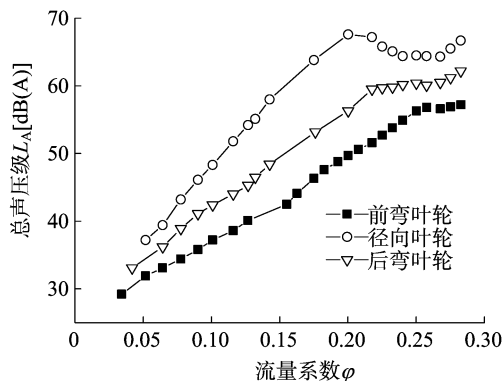


图2 风扇叶轮的总声压级曲线

为了能够更清楚地表达风扇的噪声特性, 这里引入比 A 声级: 单位流量、单位全压产生的 A 声级。比 A 声级 L_{sA} 的定义式^[4-5]:

$$L_{sA} = L_A - 10 \lg Q(P/9.8)^2 \quad (2)$$

式中: L_A 为总声压级 [dB(A)]; Q 为流量 (m^3/min); P 为全压 (Pa)。

图 3 给出叶轮的比 A 声级 L_{sA} 曲线。总体来看, 3 个叶轮的比 A 声级的大小关系与 A 声级相似, 即前弯叶轮最低, 后弯叶轮次之, 径向叶轮最大。另外, 如图 3 所示, 与总声压级曲线不同, 随着叶轮风扇流量的增加, 3 个叶轮也呈现出不同的结果。前弯叶轮的比 A 声压级曲线一直增加, 其他 2 个叶轮在效率最高点附近形成凹槽分布。由于比 A 声压级并未

考虑以风扇电机为代表的机械噪声, 因此它能够更为清晰地展现叶轮风扇的气动噪声。因此从图 3 能够看出, 叶轮风扇失速裕度内, 在设计工况点与峰值气动效率点之间, 风扇的气动噪声增加放缓。对于低压轴流风扇来说, 由于旋转噪声所占份额更大, 因此反映出气流黏性的影响造成叶轮的涡流损失有所降低。

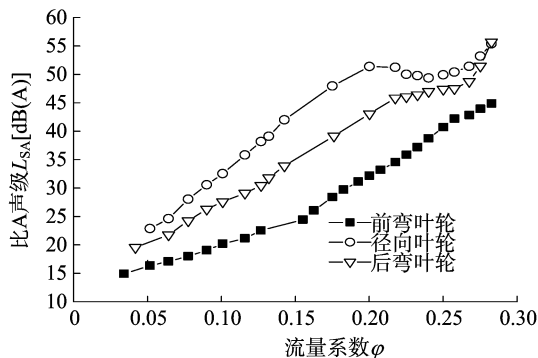


图3 风扇叶轮的比A声压级曲线

上述结果显示, 该农业通风机的气动流场噪声较小, 这进一步保证了整个空调系统的安全、可靠的运行性能, 同时也保证了整个空调系统能够维持一个较高的运行效率。另外, 从结果来看, 与径向叶轮和后弯叶轮比较, 前弯叶轮作为农业通风机叶轮风扇在此方面应该是首选。

3 结论

3 个叶轮总体气动性能的试验结果表明, 前弯叶轮风扇在设计工况下的全压效率达到了 85.1%, 其失速裕度达到了 52.9%。说明该叶轮的的实际工作效率较高, 工作稳定性强, 大大促进了整个通风机实际运行中性能的稳定。径向叶轮和后弯叶轮的全压效率分别为 82.2% 和 55.5%, 失速裕度分别为 33.8% 和 23%。

3 个叶轮风扇总体气动声学性能的试验结果显示, 径向叶轮在峰值效率下气动噪声最大, 后弯叶轮次之, 前弯叶轮风扇在峰值效率下气动噪声最小, 仅有 56.6 dB(A)。说明前弯叶轮内部流场由于气体黏性所造成的涡流损失较小, 为保证整个农业机械通风机的优良性能提供了极为重要的支持。

参考文献:

- [1] 钟芳源. 节能低噪轴流/离心风机(理论, 计算, 设计, 实验研究)论文集[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [2] Wadia A R Szucs P N, Crall D W. Forward swept rotor studies in multistage fans with inlet distortion[J]. ASME International Gas Turbine Institute, Turbo Expo, 2002, 5: 11-21.
- [3] Vitaliy N. Parametric investigation of entire annular recess casing treatment on compressor stable operation[J]. Experimental Thermal and Fluid Science, 2005, 29(2): 209-215.
- [4] 商景泰. 通风机手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [5] 陈花玲, 苏强, 张铁山, 等. 多叶片离心通风机动噪声特性及其控制[J]. 西安交通大学学报, 1995, 29(7): 14-20.