

小型后向离心风机叶片接长改善风机性能的方法

方胜良 / 上虞专用风机有限公司
李 森 / 上海理工大学

Abstract

■摘要:将叶片向风机进口区域延伸接长,并使之成为斜切状,能有效地改善风机过流通道通流品质,提高风机压力。本文研究对象为小型后向离心风机,通过对比原叶片风机与两种不同接长斜切状叶片的风机数值模拟结果,说明接长叶片是可以提高风机性能的一种方法。

■关键词:后向离心风机;接长叶片;进口流场;均匀流动

中图分类号:TH432 文献标志码:B
文章编号:1006-8155(2012)03-0026-05
Method of Improving Fan Performance through Lengthening Blade in Miniature Backward-curved Centrifugal Fan

Abstract: Extend the length of blade to the inlet area of a fan in the state of inclined cut shape can effectively improve the flow quality of fan flow passage and enhance the pressure of the fan. Taking the miniature backward-curved centrifugal fan as the object, this paper compares the numerical simulation results of original blade and other two length fans with extending blade and thus to get the conclusion that lengthen blade is one of the methods to improve the fan performance.

Key words: backward-curved centrifugal fan; lengthen blade; inlet flow field; uniform flow

0 引言

提高风机性能的方法很多,然而通过优化改进叶轮和蜗壳的效果最为显著,当然集流器和内转子电机对风机性能的影响也不容忽视。对于风机叶轮的优化改进研究,较多集中在通过调整叶片气动设计参数^[1-2],诸如叶片安装

角、叶片高度及叶片数等,进行整机流场数值模拟或者样机性能试验,从而改善风机性能,达到了节能改型设计的目标。对于风机蜗壳的研究^[3-4],主要通过变蜗壳型线的整机数值模拟分析内部流动状况及影响,确定蜗壳和叶轮最佳匹配方式。

本文通过对设计工况下小型后向离心风机进行整机内部三维流场的数值模拟,分析原始叶片风机与两种不同接长斜切状叶片的风机性能,说明接长叶片是离心通风机性能改进的一种方式^[5]。

1 接长叶片方法和原理

一般而言,接长叶片可以沿进口内部延长,改变叶轮的进口直径;当平整地按照原始流道向内部延伸时,还改变了叶片的进口安装角。同时,也可以沿叶轮出口延长,此时改变了叶轮的出口安装角,并增大叶轮外径,这时还必须另外焊接钢板以补全后盘。由于工艺上的复杂性,本文采取沿风机进口接长的方法。

接长叶片并使流道平整合理,能有效的提高风机的静压和风量,这在电厂和一些风机使用单位有着良好的实践证明,但是会使得风机消耗的功率增大,因此必须检查配备电机的容量;同

收稿日期:2012-03-22 浙江 上虞 邮编:312300

时风机的效率也会有所降低,并引起较大的噪声^[5]。

叶片沿风机进口内部接长使之成为斜切状见图1(其中为方便观察叶片形状将前盘隐藏,中央凸起为内置内转子电机壳),也就是前盘附近即叶片顶端直径大于后盘附近即叶片底端的直径,此时气流更能适应过流通道转弯处的不均匀。

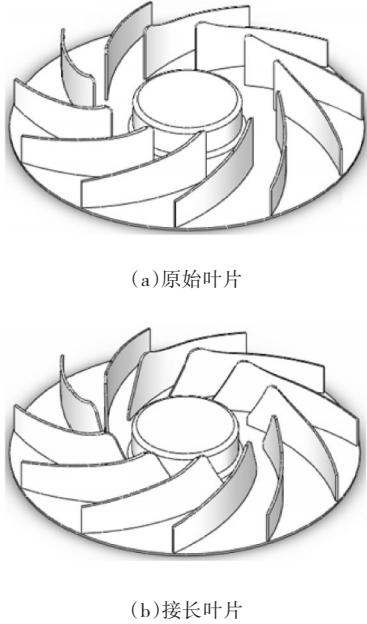


图1 原始叶片与沿进口内部接长叶片对比示意图

从图上可以看出,叶片沿进口内部接长斜切减少了进口气流的偏斜程度,使得叶轮边缘上所有各点上的气流较小冲击而进入叶轮。当风机在设计工况下运行时,这种方法可以减少风机进口冲击损失,降低流道前端进口处沿程磨损以及进口阻塞。同时,气流在转弯过程中适应从叶片顶端到底部的均匀变化,从而进口过流断面上气流速度梯度也就更加趋于均匀,减少了流道内部弯曲程度所引起的分离损失,进一步减少了叶轮顶端出口涡流及二次流的发生。总之,这种方法使气流比较良好地进入叶道,改善风机内部流的流动品质,提高风机性能。

2 计算模型的建立

2.1 风机建模

风机的结构部件主要由集流器、叶轮、蜗壳及内转子电机等组成;当风机应用于管道或者

封闭箱体时,也可将单独叶轮内置其中,使之成为通风换热系统中一部分,此时称为无蜗壳叶轮。本文为了模拟风机性能方便,采用叶轮装配蜗壳整机来计算风机性能,其风机实体应用于中小型服务器散热。

原始风机叶轮是根据传统设计方法,设计工况下按照经验参数设计得出。设计工况下,全压 p 为150Pa,流量 Q 为23.8m³/h,转速 n 为4 000r/min。

计算得叶轮各几何参数见表1,结构采用弧锥型前后盘,也就是前盘到后盘采用先弧形后锥形的过渡。蜗壳型线按照叶轮外径选用标准实验用外壁型线,由Solidworks建模(叶片接长奇角倒圆弧处理)并整机装配叶轮、蜗壳一体见图2。

表1 原始叶片气动参数

参数	数值
叶轮内径 D_1 /mm	41
叶轮外径 D_2 /mm	78
叶片进口安装角 $\beta_{1a}/(^{\circ})$	29
叶片出口安装角 $\beta_{2a}/(^{\circ})$	40
叶片高度 b_1, b_2 /mm	13.5, 7
叶片数 Z	11
叶片厚度 h /mm	0.8

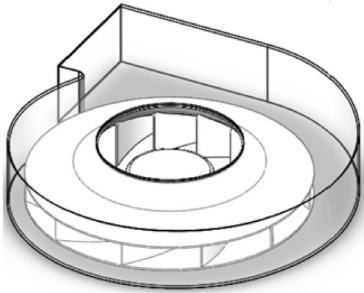


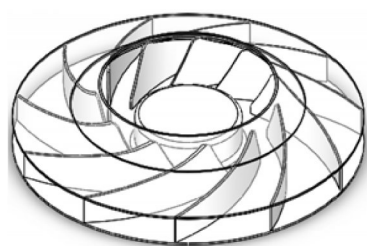
图2 叶轮叶片整体装配

2.2 两种不同接长斜切状叶片的方法

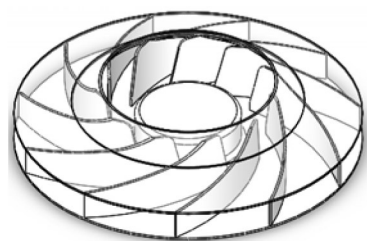
方法一:叶片底端直径沿风机进口内部接长至 $\varphi 35$ 处,叶轮其它参数均不作任何变化,然后将叶片顶端平整顺滑斜角至叶片底端。

方法二:在方法一的基础上叶片顶端接长至直径 $\varphi 37$ 处,叶轮其它参数均不作任何变化。

方法一、二建模对比见图3。从图上可以看出,沿风机进口内部接长的叶片有着明显的斜度差别。



(a)方法一



(b)方法二

图3 接长方法一、二对比示意图

3 数值模拟及计算结果分析

3.1 数值模拟

数值模拟采用Flow Simulation软件,它是运用于Solidworks平台,可以模拟流体流动状况以及热传递和流体力交互耦合作用,有着良好的准确性和可实现性,能有效的减少开发成本以及缩短研发的周期。

为使模拟时的进口和出口气流均匀,在风机进口和出口同时建模加装管道,见图4。在流动模拟模块中,模拟采用局部旋转坐标系模拟叶轮旋转。定义流体为空气,并设定为真实气体,选取内部流动分析模式和排除流动空间内的腔体选项,选用标准 $k-\epsilon$ 模型湍流模式,设置壁面附近为绝热光滑。进口边界条件采用环境压力进口,出口边界条件采用设计工况下体积流量出口 $23.8\text{m}^3/\text{h}$,给定转速 $4\,000\text{r}/\text{min}$ 。设置求解计算精度水平为6级,同时增大叶片网格解析程度,设置叶轮局部初始网格水平为3级。由此方法生成整机计算域内流体单位、实体单元和实体交界面单元网格单元数量约为120万个,见图5。

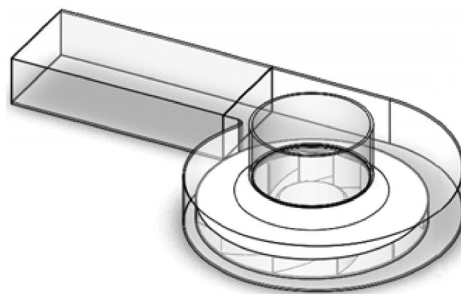


图4 模拟加装管道示意图

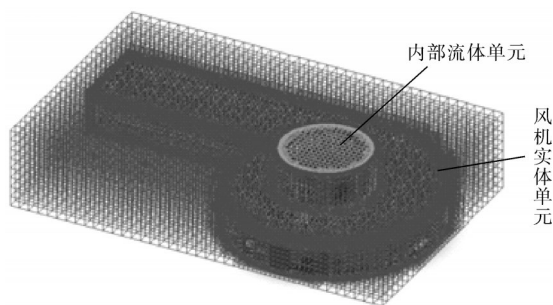


图5 网格生成模型图

3.2 计算结果对比和分析

3.2.1 风机全压和静压的比较

流动模拟设计工况即出口流量为 $23.8\text{m}^3/\text{h}$ 时计算得到风机全压和静压见表2,此处均取风机进、出口的平均压力,根据风机全压和静压计算公式得之^[5]。

表2 原始叶片风机与两种不同接长法风机性能对比

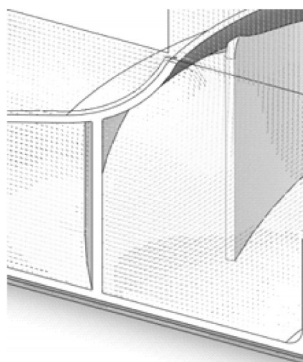
出口流量 $23.8\text{m}^3/\text{h}$ 时风机压力	原始叶片风机	接长方法一	接长方法二
全压/Pa	143.7	164.3	170.8
全压效率/%	67.4	64.5	71.5
静压/Pa	96.2	125.5	122.7
静压效率/%	45.2	49.2	51.3

从表中可以看出,原始叶片风机模拟得到风机全压与设计工况下经验计算用全压相差不大,表明数值计算有着良好的准确性,可以较好的模拟风机内流场的真实流动。同时还可以看出,三种不同叶片的风机全压有着一定的差异,其中方法二的全压最大,比原始叶片和改进方法一的提升都比较大;然而方法二的静压确有所降低,可能是由于叶片顶端增加过多导致叶片在转弯处

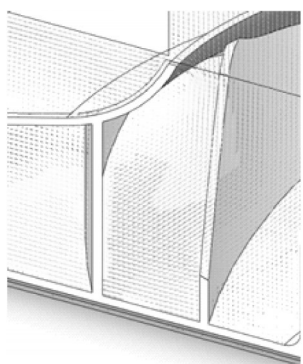
产生涡流或者叶片顶部通道延长而阻塞。

3.2.2 进口子午面速度矢量分布图比较

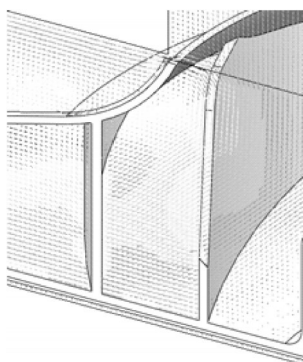
从图6中可以看出,实际上是两个流道的流动状况,由中间叶片分隔开来。对于左边的流道,它属于某一叶道的中央部分,从图中可以看出,三种叶片的速度都由前盘向后盘逐步减



(a)原始叶片



(b)接长方法一叶片



(c)接长方法二叶片

图6 进口子午面速度矢量分布图对比

小,但是原始叶片在叶道中的速度较大,从而增大磨损和沿程损失,不利于风机静压的提升;而接长方法一、二的速度都相对原始叶片较小,但是在叶道内的速度梯度较大,这样又可能产生涡流或者在叶片的吸力面容易产生分离流,不利于流体加速。对于右边的叶片刚进口流道,叶片转弯处的进口以及前盘顶端都不同程度的发生涡流现象,其中前盘顶部涡流的速度矢量相差不大。通过对比三种不同叶片的进口速度矢量图发现,接长方法一的进口速度较原始叶片进口速度略有降低,而接长方法二的进口速度较原始叶片进口速度有所增大,说明不同的接长斜度对风机进口速度有所影响,从而影响风机进口压力的大小。

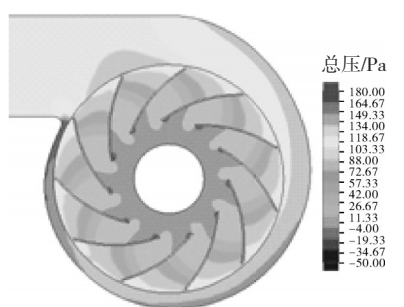
由表二可知模拟计算得方法二的静压低于方法一的静压,从图6中可以得知由于叶片顶端接长导致涡流发生更加明显,且速度增大造成进口转弯处静压损失加大,而叶片顶部通道延长对于风机可能也造成一定的拥塞。由此可见,对于风机叶片的接长值必须有着合理的估算,过长或者过短都会对风机的性能有所影响。

3.2.3 径向面压力分布图比较

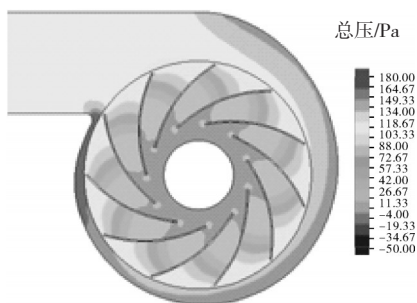
从图7中可以看出,在叶轮的中心区域,也就是内转子电机的中央,压力为负值,这是由于叶轮的旋转使得气流由轴向向径向转变引起的。总体而言,全压分布在流道及蜗壳内分布都比较均匀。在叶片的压力面,全压由始端向后缘递增。在叶片的吸力面,同样是越靠近叶片的后缘全压越大。在流体流出叶道后,压力面和吸力面的压差逐渐缩小,并由蜗壳向外扩压。同时气流在流道内部加速,全压分布从叶片出口壁缘向蜗壳内壁面递增,并在蜗壳的扩压下,蜗壳外侧的静压高于内侧的静压。

对比分析得出,方法二(c)叶片进口处全压低于原始叶片(a)和方法一叶片(b),并朝叶片内部伸进,梯度增大,说明了接长叶片可以增大叶片在流道内的速度,这也是合理控制流道速度而获得性能提升的一种方法。还可以看出,(c)模

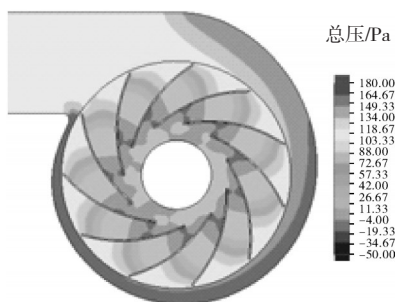
拟计算得全压明显高于(a)和(b),说明了接长了叶片顶部可以有效的使全压得到迅速地提升。但是(c)相比较(a)和(b),蜗舌处的压力明显较大,这便可能导致(c)蜗舌处的流动恶化程度比(a)和(b)严重。同时由于性能的提升,可能导致较大的噪声,且(c)电机功率可能不够,这时必须检查电机容量是否满足,还有从表二中得知(c)相比较(b)静压却得到降低,这些都是接长叶片改进优化风机性能所指的注意事项。



(a)原始叶片



(b)接长方法一叶片



(c)接长方法二叶片

图7 叶片高度5mm处(从底盘起)
风机径向截面全压分布云图

4 结论

1) 通过对比分析小型后向离心风机不同接长叶片方式的数值计算结果得知,接长叶片方法二,也就是较多的向风机进口接长叶片得到全压提升最大。

2) 由模拟得到风机内部流动状况了解到,对于风机叶片的接长值必须有着合理的估算,过长或者过短都会对风机的性能有所影响,如表2中接长方法二相比较接长方法一的静压降低。同时,合理的叶片接长可以改善风机进口转弯处的流动状况,减少前盘及叶片顶端的涡流损失。

3) 提供了一种改进风机性能的方法,同时为提高风机压力的接长叶片方法提供数值模拟依据,具有一定的工程参考意义。

参 考 文 献

- [1] 庞海宇,李嵩,沈炳耘.G4-73型离心风机改用单板叶片的数值模拟[J]. 节能技术,2011,29(1):52-56.
- [2] 王松岭,骞宏伟,李春曦,等.基于最小二乘法的离心风机叶轮参数优化研究[J].热力发电,2009,38(12):24-28.
- [3] 冯新粮,郭津津.基于CFD的离心通风机蜗壳型线结构性能分析.流体机械,2009,37(8):21-24.
- [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] 李庆宜.通风机[M].北京:机械工业出版社,1988.

声 明

为适应我国信息化建设,拓宽本刊及作者知识信息交流渠道,本刊已被CNKI中国期刊全文数据库、万方数据——数字化期刊群和本刊的电子媒体《中国风机技术网》收录,其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理。本刊内容文责自负,版权所有,未经许可,不得转载。

本刊