

对后向离心风机锥前盘的新认识

苏 媛 田 瑞 / 内蒙古工业大学
李 嵩* / 清华大学

中图分类号 :TH432 文献标识码 :B
文章编号 :1006-8155(2011)01-013-04

A Fresh Cognition about Front Taper Plate of Impeller for Backward Centrifugal Fans

Abstract: It has been noted for a long time that the front arc plate of impeller is better than the front taper plate. In this paper, the estimation and comparison of performance values are carried out on three centrifugal fans with the front arc plate and the front taper plate respectively. The results show that the fan with front taper plate can reach the high performances of the fan with front arc plate, which makes a fresh cognition about front taper plate.

Key words: centrifugal fan; numerical simulation; front plate of impeller; aerodynamic performance

0 引言

离心叶轮在气动设计时,叶轮前盘形状的选择是很重要的。由于叶轮进口气流是由轴向转为径向,又不断地进行扩压,如果设计不当,很容易导致叶轮内流动分离。长期以来,传统观点一直认为弧前盘的风机性能比锥前盘好,因为弧前盘的一段圆弧可使气体的流动缓慢、光滑^[1-3],而且国内外很多高性能离心通风机大都这样设计。但是,随着近年来风

机的需求向大型化发展,弧前盘比锥前盘加工难度更大、成本更高。近年来,笔者发现有些锥前盘后向离心通风机能达到85%以上的整机全压效率,为此,我们利用整机湍流流动数值模拟和性能优化预估^[4-6]的计算技术来重新研究锥前盘的流动性能。文中对3个高性能后向离心通风机,采用锥前盘和弧前盘分别进行整机性能数值预估对比,期望能对锥前盘有新的认识。

1 弧前盘改锥前盘的方法

将弧前盘改为锥前盘时,锥前盘下方实际上还都保留一个小圆弧,对于8号叶轮约为30~40mm,就是现在锥前盘的 R_c ,它比原来弧前盘的圆弧半径 R_c 小很多,方便成型。相应地锥前盘的进风口圆弧半径 R_{co} 也比弧前盘的 R_{co} 要小。在保持叶轮进出口直径和宽度相同的条件下,得到相应的锥前盘锥角 γ ,这样相应的锥前盘就得到了,见图1。

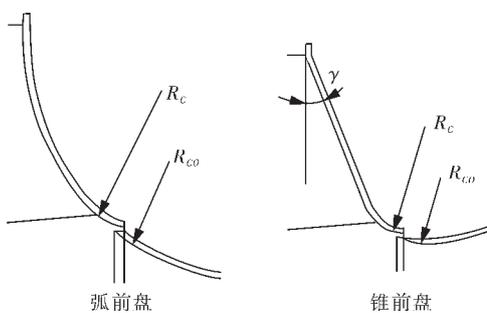


图1 两种形状叶轮前盘

Abstract

■ 摘要: 鉴于传统观点认为离心叶轮弧前盘优于锥前盘的情况,文章对3台离心通风机分别采用锥前盘和弧前盘进行整机性能数值预估对比,结果表明,锥前盘风机可以达到弧前盘风机的高性能,对锥前盘有了新的认识。

■ 关键词: 离心通风机; 数值模拟; 叶轮前盘; 气动性能

收稿日期: 2010-12-17 呼和浩特市 010051

* 本文其他作者: 刘强 / 北京市劳动保护科学研究所

由于前盘形状改变,相应的锥前盘叶轮的叶片型线,也要按弧前盘叶轮生成等当量扩张角的叶片型线。这样得到的锥前盘叶轮和原弧前盘叶轮的其它叶轮参数,如进出口直径、进出口宽度和进出口角均相同,具有可比性。

2 5-55-N₀8 风机性能数值预估对比

2.1 5-55 基本设计参数

原 5-55 设计参数:流量为 20000m³/h;全压为 2500Pa;转速为 1450r/min;工作温度为 20℃;弧前盘,叶片数为 16,等当量扩张角型线。

2.2 5-55 弧前盘与锥前盘风机性能对比

对 5-55 风机叶轮前盘按照弧前盘进行建模计算,并且对其进行优化,在最优参数的基础上,得到弧前盘在不同工况下的性能曲线。再按照进风口准则,将风机前盘由弧前盘改为锥前盘进行建模计算,得到同样参数下锥前盘的锥形(此时锥前盘尚未优化)在不同工况下的性能曲线,优化后的弧前盘与锥前盘锥形的性能曲线见图 2。

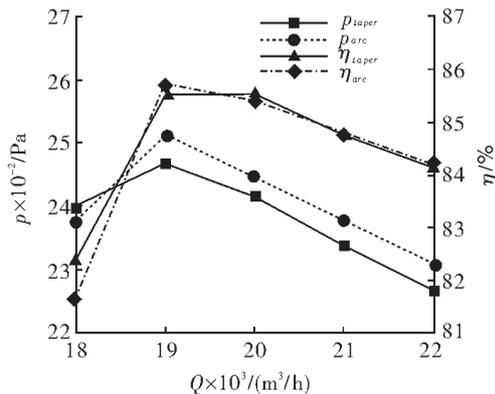


图 2 5-55 最优弧前盘与锥盘锥形性能曲线

在图 2 中 p_{arc} 和 η_{arc} 分别表示最优弧前盘的全压和效率, p_{cone} 和 η_{cone} 分别表示锥前盘锥形的全压和效率。由图 2 可知,在全压方面,两者的最大全压值均出现在流量为 19000m³/h 时,此时最优弧前盘全压为 2512.6Pa,锥前盘锥形为 2470.1Pa,前者比后者高 1.72%。小流量 18000m³/h 时,前者比后者低 0.66%,而大流量 20000m³/h、21000m³/h 和 22000m³/h 时前者比后者分别高 1.44%、1.71%和 2.02%;在效率方面,两者的最大效率值均在流量为 19000m³/h 时,此时最优弧前盘效率为 85.71%,锥前盘锥形为 85.55%,前者比后者高 0.16%。当流量为

18000m³/h 时,前者比后者低 0.80%,其它流量处两者效率差不多。

为了比较两种形状叶轮前盘均在最优情况下的性能,所以对锥前盘锥形也进行了优化,见图 3。

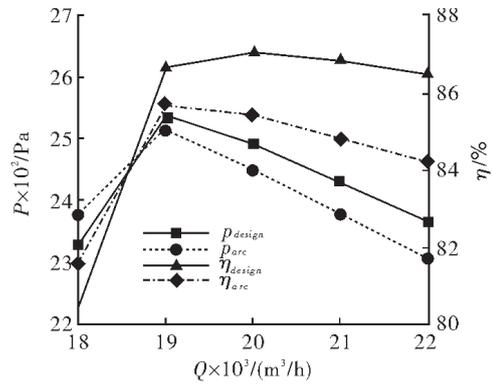


图 3 5-55 两种叶轮前盘最优性能曲线

图 3 中 p_{arc} 和 η_{arc} 分别表示最优弧前盘的全压和效率, p_{design} 和 η_{design} 分别表示最优锥前盘的全压和效率。由图 3 可以看出,优化后的锥前盘在全压和效率方面均有所提升。在全压方面,两者的最大全压值均出现在流量为 19000m³/h 时,此时最优弧前盘全压为 2512.6Pa,最优锥前盘为 2537.7Pa,前者比后者低 0.99%。小流量时,前者比后者高 2.26%,而大流量时前者均比后者低,最小值为 1.69%,最大值为 2.25%;在效率方面,前者的最大效率值出现在流量 19000m³/h 时,此时效率为 85.71%。而后者的最大效率值出现在设计流量 20000m³/h 处,此时效率为 87.01%,高 1.3%。小流量时,前者比后者高 1.15%,而在大流量时,后者效率有明显的提高,其效率值均比前者高,最小为 0.94%,最大为 2.24%。

对于 5-55 风机,从整体看,两者全压和效率性能比较接近,设计工况效率都很高,变工况性能也好。在小流量时,弧前盘性能要好些,而锥前盘则更适合于大流量时使用。

3 5-49-N₀8 风机性能数值预估对比

3.1 5-49 基本设计参数

原 5-49 的设计参数:设计流量为 15800m³/h;全压为 2550Pa;转速为 1450r/min;工作温度为 20℃;弧前盘,叶片数为 16,等当量扩张角型线。

3.2 5-49 弧前盘与锥前盘风机性能对比

对风机 5-49 按照同样的方法得到弧前盘与锥前盘锥形在不同工况下的性能曲线,见图 4。

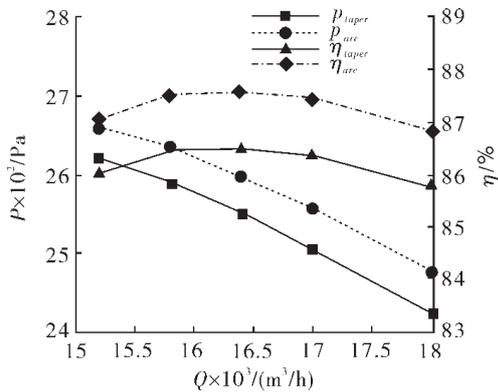


图 4 5-49 弧前盘与锥盘锥形性能曲线

由图 4 可知,在全压方面,两者的最大全压值均出现在流量为 15200m³/h 时,此时最优弧前盘全压为 2659Pa,锥前盘锥形为 2619.2Pa,前者比后者高 1.52%。随着流量增大,两者的全压均逐渐下降,但弧前盘全压均比锥前盘锥形高,最大为 2.22%,最小为 1.67%;在效率方面,两者的最大效率值均出现在流量为 16400m³/h 时,此时最优弧前盘效率为 87.56%,锥前盘锥形为 86.49%,前者比后者高 1.07%,从整体看,弧前盘均比锥前盘效率高,最大为 1.10%,最小为 0.99%,两者全压和效率的变化趋势一致。

同样对锥前盘锥形也进行了优化,图 5 为两者均在最优参数下的工况性能曲线比较。

由图 5 可知,优化后的锥前盘在大流量时,全压和效率方面均有所提升,效率比较接近,但全压还是不及弧前盘。锥前盘的最大全压在设计流量 15800m³/h 时,此时全压为 2604Pa,比弧前盘同流量时的全压 2634Pa 低 1.15%。小流量时,其全压比弧前盘低 8.71%,而大流量时也均比弧前盘低,最大为 1.06%,最小为 0.81%。在效率方面,锥前盘的最大效率值出现在流量为 17000m³/h 时,此时效率为 87.42%,比同流量时弧前盘效率高 0.03%。小流量时,弧前盘效率比锥前盘高 3.97%,但此时为小流量,计算不够稳定,存在读数误差,而在大流量时,后者效率有明显的提高,并且在流量为 18000m³/h 处,后者比前者高 0.30%。

对于 5-49 风机,从整体看两者效率性能比较接近,设计效率都很高,变工况性能也好,但

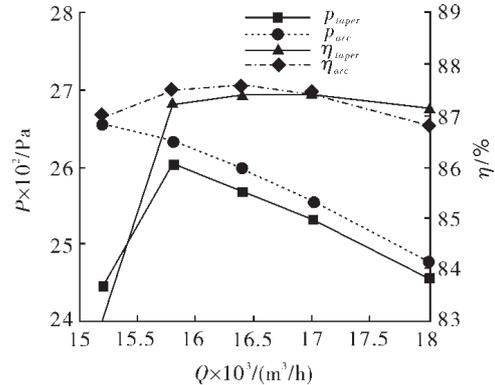


图 5 5-49 两种叶轮前盘最优性能曲线
全压性能弧前盘比锥前盘普遍高 1%左右。

4 7-22-N₀₈ 风机性能数值预估对比

4.1 7-22 基本设计参数

7-22 的设计参数:设计流量为 4200m³/h,全压为 3040Pa,转速为 1450r/min;工作温度为 20℃,弧前盘叶片数为 16,等当量扩张角型线。

4.2 7-22 弧前盘与锥前盘风机性能对比

对风机 7-22 弧前盘进行建模计算,得到最优参数下不同工况的性能曲线。再将风机前盘改为锥前盘进行建模计算,得到同样参数下锥前盘锥形在不同工况下的性能曲线,见图 6。

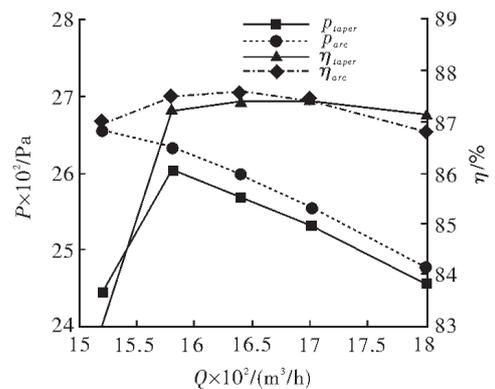


图 6 7-22 弧前盘与锥盘锥形性能曲线

由图 6 可知,在全压方面,两者的最大全压值均出现在流量为 3500m³/h 时,此时最优弧前盘全压为 3082.5Pa,锥前盘锥形为 3087.2Pa,前者比后者低 0.15%,整体看,弧前盘全压均比锥前盘锥形低,最大为 0.63%,最小为 0.03%;在效率方面,弧前盘与锥前盘的最大效率值均出现在 4900m³/h 处,此时弧前盘的效率为 86.91%,锥前盘效率为 86.69%,前者比后者高 0.22%,当流量为 4200m³/h 时,前者比后者效率低 0.44%,其余

(下转第 45 页)

表 3 YS-RN20A 风机各叶片角度计算结果

序号	角度 /($^{\circ}$)	转速 /(r/min)	流量 /(m^3/s)	全压 /Pa	静压 /Pa	静压比	风机效率 /%	出口动压 /Pa
1	19	985	55	720	536	0.744	76.2	180
2	20	985	60.5	600	377	0.628	76.3	223
3	20.5	985	60.5	720	497	0.69	76	223
4	21	985	60.5	800	577	0.721	76.4	223
5	22	985	66	720	455	0.632	76.1	265
6	23	985	66	780	515	0.66	75.8	265

序号	扩压后静压 /Pa	须回收静压 /Pa	扩压器出口直径 /mm	扩压器长度 /mm	系统效率 /%	使用功率 /kW	电动机 /kW
1	540	—	—	—	—	52	75
2	450	73	2400	142	70.1	47.6	75
3	540	43	2200	710	73.3	57.3	75
4	600	23	2150	530	74.9	63.4	90
5	540	85	2420	1500	70.1	62.4	90
6	585	70	2300	1060	71.3	67.9	90

$p_{动}=158Pa$, 流动速度 $16.2m/s$, $\eta=74.7%$, 轴功率 $63.79kW$, 可选电机 $75kW$, 虽然机号大一点, 但静压提高很多。此时仍可回收一点动压为静压,

回收时扩压角小, 可以减少损失。电机功率从 $90kW$ 下降为 $75kW$, 转速下降, 噪声降低, 长期使用经济性好。

(上接第 15 页)

流量条件下, 前者效率都比后者高, 最大为 $0.77%$, 最小为 $0.04%$, 从整体看, 两者全压和效率变化趋势一致, 相差不大, 性能很好。

同样对锥前盘锥形也进行了优化, 图 7 为两者均在最优参数下的工况性能曲线比较。从图 7 可知, 在全压方面, 在设计流量 $4200m^3/h$ 时, 锥前盘全压比弧前盘高 $1.14%$, 小流量区均高 $1%$ 左右, 在大流量区弧前盘全压比锥前盘好, 最大也高 $1%$; 在效率方面, 锥前盘的最大效率 $86.76%$ 出现在流量 $4200m^3/h$ 时, 比同流量时的弧前盘效率的 $85.75%$ 高 $1.01%$, 但后者在 $4900m^3/h$ 时, 也有 $86.91%$ 效率, 大流量区的效率性能弧前盘稍好, 小流量区锥前盘稍好。

对于 7-22 风机, 从整体看两者效率和全压性能均好, 最高效率值均接近 $87%$, 但对应的流量点位置不同, 小流量时锥前盘的全压和效率均稍高于弧前盘, 但大流量时, 则刚好相反, 两者全压和效率的差别均在 $1%$ 左右。

5 结论

本文将 3 个弧前盘等当量扩张角流型叶片的离心通风机, 在保持其整机相同时, 把弧前盘改为锥前盘, 叶片型线也采用等当量扩张角流型重新设计成新的锥前盘锥形风机。通过对比修改前后的风机性能, 发现经过性能数值优化的锥前盘风机, 很可能具有同弧前盘相同的高性能, 而且锥前盘加工方便, 成本低, 建议在设计时尽量采用。

参考文献

- [1] Eck B. Fans, Oxford: Pergamon Pr., 1973.
- [2] 朱之堉, 沈天耀. 9-19 风机的气动力设计问题[J]. 透平压缩机械, 1980(3):20-30.
- [3] 朱之堉, 黄东涛, 边晓东. 离心风机现代设计方法研究[J]. 中国机械工程, 1998, 9(8):54-56.
- [4] Zhao Yu, Li Song. et.al. Numerical Simulation of Flow Field for a Whole Centrifugal Fan and Analysis of the Effects of Blade Inlet Angle and Impeller Gap [J]. HVAC&R Research, 2004, 11(2):263-283.
- [5] 窦勇, 李嵩, 黄东涛. 非设计工况下离心风机性能数值预估[J]. 风机技术, 2007(4):3-7.
- [6] 窦勇. 离心风机进风口设计准则及非设计工况的性能数值预估[D]. 北京: 清华大学工程力学, 2007.

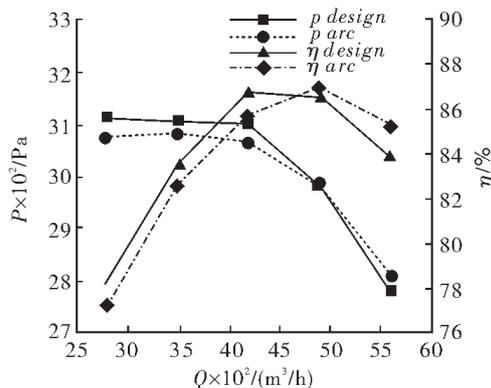


图 7 7-22 两种叶轮前盘最优性能曲线