

文章编号: 1671-0118(2007)03-0199-03

基于环形叶栅理论的子午轴流加速风机叶轮设计

马安昌¹, 孙旭光²

(1. 黑龙江科技学院 科技处, 哈尔滨 150027; 2. 燕山大学 机械学院, 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 为克服基于平面直列叶栅理论的气动力计算偏差, 提出了基于环形叶栅因素的子午风机叶轮设计方法。推导出气流进口相对速度 w_1 和出口相对速度 w_2 的公式。研究表明: 验算各叶栅 w_2/w_1 时, 要求 $w_2/w_1 > 0.65$ 。

关键词: 环形叶栅; 叶轮; 风机

中图分类号: TD441.2

文献标识码: A

Design of meridian axis current accelerated blower based on annularity cascade theory

MA Anchang¹, SUN Xuguang²

(1. Department of Science and Technology, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China;
2. College of Mechanical, Yanshan University, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: Directed at the aerodynamic calculation deviation resulting from plane linear array cascade theory, the paper proposes the method of designing meridian accelerated air blower impeller considering annularity cascade factor. The paper gives the formula designing parametric calculation and the formula of the air current entrance relative speed w_1 and exporting relative speed w_2 . The Research suggests: checking calculation every cascade w_2/w_1 , demands $w_2/w_1 > 0.65$.

Key words: annularity cascade; impeller; air blower

0 引言

通风机叶轮是决定风机性能的最关键部件, 设计者都在研究和追求更加切合实际的叶轮设计方法, 以缩小设计过程所引起的偏差。传统子午加速轴流通风机的设计是将叶轮叶栅展开后的实际平面环形叶栅, 简化为平面直列叶栅, 然后再根据平面直列叶栅的理论, 完成气动力的计算和叶片造型。该设计方法显然使气流流动与实际气流在叶栅中的流动存在一定差别, 出现风压值的偏差。因此, 考虑环

形叶栅因素, 设计子午加速轴流通风机叶轮, 对提高设计精度具有重要意义。

1 几点假设

实际风机的气流流动是非常复杂的, 为了简化设计过程, 对子午加速风机作如下假设:

(1) 各叶栅的能量损失分布是已知的, 可近似为相等并等于风机效率。

(2) 流线在子午截面的投影为直线, 如图 1 所示。计算流线的数量可根据叶片的长短加以确定,

收稿日期: 2007-04-02

基金项目: 黑龙江省教育厅年度计划项目 (11511338 D)

作者简介: 马安昌 (1951-), 男, 山东省烟台人, 高级工程师, 研究方向: 流体机械, E-mail: maanchang@163.com。

一般为 5~7 条。将叶轮通道的环形面积 (沿轴垂直方向) 分为 n 等份, 这样计算流线的数目就是 $n+1$ 条。

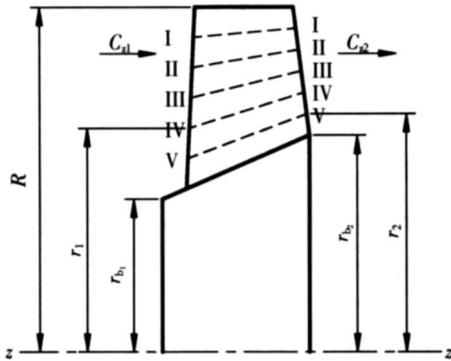


图 1 叶轮子午截面的流线

Fig. 1 Flow line impeller meridian section

(3) 叶轮进出口气流轴向速度 c_z 沿半径均匀分布, 叶轮进、出口不存在径向分速度 c_r , 并设进口气流轴向流速 $c_{z1} = Q/A_1 = \cos$, 出口气流轴向流速 $c_{z2} = Q/A_2 = \cos$ 。其中, Q 为风机设计流量, A_1, A_2 为叶轮进、出口面积。

(4) 沿径向各叶栅气流产生的全压相同, 并可近似考虑等于风机设计风压。

2 环形叶栅及速度三角形

将图 1 中任一条子午流线绕叶轮回转轴 $z-z$ 回转一周, 得到图 2 所示的子午风机的锥台形流面。其中, ϕ 为子午流线与 $z-z$ 轴的夹角, 称之为子午流线倾角。

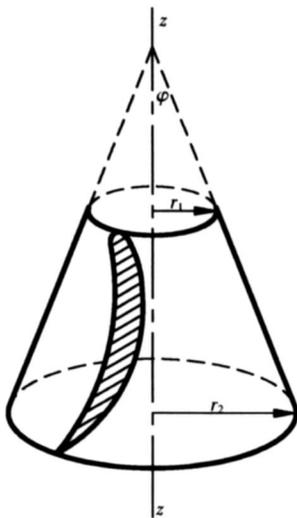


图 2 子午加速风机叶轮锥台形流面

Fig. 2 Meridian accelerated air blower impeller pyramid frame stream surface

则有

$$\tan \alpha = \tan \alpha_n / [1 - (1 - r_1/r_2) \sin \alpha_n]$$

式中: α_n ——叶轮轮毂倾角;

α ——叶轮进口轮毂比;

r_1 ——叶轮叶栅进口半径;

r_2 ——叶轮顶圆半径。

平面环形叶栅的前后额线半径分别为 $r_1/\sin \alpha$, $r_2/\sin \alpha$ 。

现将锥台形流面展开在平面上, 得到子午风机叶轮的平面环形叶栅, 如图 3 所示。

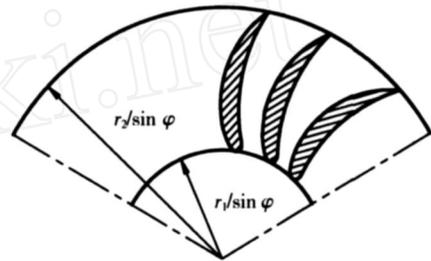


图 3 子午加速风机的平面环形叶栅

Fig. 3 Meridian accelerated air blower impeller plane annularity cascade

速度三角形原理如图 4 所示, 下角标中, 1 为进口值, 2 为出口值。根据该原理可知有如下关系式成立^[1]:

$$w_1^2 = w_{1z}^2 + w_{1u}^2,$$

$$w_2^2 = w_{2z}^2 + w_{2u}^2,$$

$$w_m^2 = w_{mz}^2 + w_{mu}^2,$$

$$w_{1z} = c_{1z},$$

$$w_{2z} = c_{2z},$$

$$w_{mz} = c_{mz},$$

$$u_m = w_{mu} + c_{mu}$$

而 c_u 与 w_u 及 u 有如下关系:

$$u_2 = c_{2u} + w_{2u} \text{ 且 } u_1 = c_{1u} + w_{1u},$$

两式相减可得

$$u_2 - u_1 = c_{2u} - c_{1u} + w_{2u} - w_{1u},$$

$$u = c_u - w_u,$$

$$c_{mu} = (c_{2u} + c_{1u})/2 = (c_{2u} + 2c_{1u} -$$

$$c_{1u})/2 = c_u/2 + c_{1u}.$$

式中: w ——相对速度;

c ——绝对速度;

u ——圆周速度。

式中下脚: m ——平均值;

u ——周向值;

z ——轴向值;

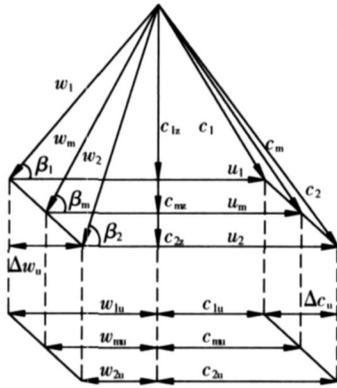


图 4 子午加速风机叶轮进出口速度三角形
Fig.4 Entrance and exporting speed triangle of meridian accelerated air blower impeller

3 公式推导及气动计算

由欧拉方程^[2]可知环形叶栅的理论风压为

$$p_{th} = (u_2^2 - u_1^2 + w_1^2 - w_2^2 + c_2^2 - c_1^2) / 2, \quad (1)$$

式中: c_{1u} 、 c_{2u} ——有效叶片数的进、出口绝对速度在周向上的投影。

利用叶栅进、出口速度三角形中各速度之间的关系式及式(1),可推导出下面的结论。

$$p_{th} = (c_u u_m + u_{Gmu})。 \quad (2)$$

式(2)反映了子午加速风机理论风压的构成。令

$$p_{th1} = c_u u_m,$$

$$p_{th2} = u_{Gmu},$$

有

$$p_{th} = p_{th1} + p_{th2}。 \quad (3)$$

由式(3)可以看出,有限叶片子午加速轴流风机的理论风压由两部分组成,一部分为 p_{th1} ,相当于以 u_m 为周速,运动扭速为 c_u 时,平面直列叶栅产生的风压。另一部分为 p_{th2} ,相当于周速差为 u 进出口扭速不变且等于 c_{mu} 时,平面环形叶栅所产生的风压。该风压在接近轮毂部分的叶栅处较大,在设计时不能忽略。其原因是轮毂部位流线比较倾斜, u 值偏大,而 c_{mu} 也是沿叶片顶部向根部逐渐增加的。根据以上分析,可将普通轴流风机叶栅和叶栅倾斜而形成的环形叶栅两种设计方法相结合,设计子午加速风机。下面以叶栅稠度 < 1 为例,验算各叶栅 w_2/w_1 ,要求 $w_2/w_1 \geq 0.65$ 。文中设计方法涉及的具体参数见表 1。

表 1 考虑环形叶栅的子午风机的设计参数

Table 1 Designing parameter of meridian accelerated air blower impeller considering annularity cascade factor

设计变量	设计依据
锥台流面进口半径 r_1	$[R^2 - K_1(2n_0 - 1)]^{1/2}$
锥台流面出口半径 r_2	$[R^2 - K_2(2n_0 - 1)]^{1/2}$
进口半径差 r	$r_2 - r_1$
进口圆周速度 u_1	$r_1 n / 60$
出口圆周速度 u_2	$r_2 n / 60$
进出口圆周速度差 u	$u_2 - u_1$
平均圆周速度 u_m	$(u_1 + u_2) / 2$
风压 p	按设计要求沿叶高分配
扭曲速度 c	$(p + u c_1 u) / (u_m + u/2)$
平均相对速度 w_m	$\{ [(C_u/2 - C_{1u}) - u_m]^2 + [(C_{1z} + C_{2z})/2]^2 \}^{1/2}$
平均相对气流角 α_m	$\arcsin(C_{1z} + C_{2z}) / 2W_m$
进口气流角 α_1	$\arctan C_{1z} / u_1 + C_{1u}$
出口气流角 α_2	$\arctan C_{2z} / u_2 + C_{2u}$
出口扭曲速度 c_{2u}	$C_u + C_{1u}$
进口相对速度 w_1	$C_{1z} / \sin \alpha_1$
出口相对速度 w_2	$C_{2z} / \sin \alpha_2$
相对速度比 w_2/w_1	要求大于等于 0.65
升力系数 C_y	沿叶高分配
气流攻角	根据 C_y 值查出
安装角 α	$\alpha_m +$
叶片弦长 $C_y b$	$4 K u_m C_u / W_m z$
轮毂倾角 α_n	直接选取
子午流线倾角	$= \arctan [\tan \alpha_n (1 - r_1/r_2) / (1 - \alpha_1)]$

4 结束语

在平面直列叶栅的基础上,笔者提出了考虑环形叶栅因素的设计思想,推导出子午加速通风机叶轮设计参数的计算公式,为叶轮设计提供了一种新算法,达到提高设计精度的目的。

参考文献:

[1] [俄] 布鲁希洛夫斯基. 通风机气动略图和特性曲线 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
[2] 陆宝根. 关于子午加速风机的理论设计 [J]. 风机技术, 1999, (3): 16

(编辑 徐 岩)