



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106949095 B

(45)授权公告日 2018.12.07

(21)申请号 201710262288.3

(22)申请日 2017.04.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106949095 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(73)专利权人 浙江理工大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街928号

(72)发明人 窦华书 王天垚 徐金秋 贾会霞 贺磊盈 董若凌 赵新龙

(74)专利代理机构 杭州君度专利代理事务所 (特殊普通合伙) 33240

代理人 杜军

(51)Int.Cl.

F04D 29/38(2006.01)

(56)对比文件

CN 106089801 A,2016.11.09,全文.

CN 103541774 A,2014.01.29,全文.

CN 104376162 A,2015.02.25,全文.

CN 1598325 A,2005.03.23,全文.

WO 2008/042251 A2,2008.04.10,全文.

审查员 程丽华

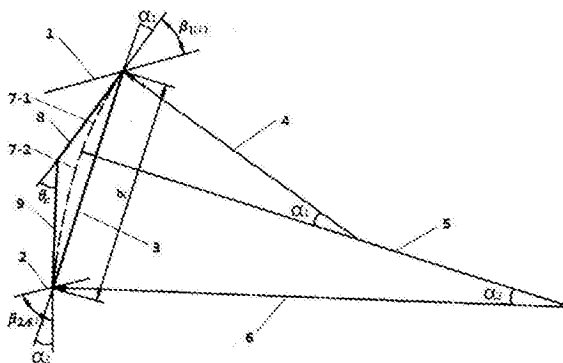
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法

(57)摘要

本发明公开了低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法。低压轴流式通风机应用广泛,但存在全压低,风量大,叶轮效率低的问题。本发明在待优化叶轮模型的一枚叶片上沿着叶轮径向分成n个截面,得到n个截面的弦长 b_i 、出口几何角 $\beta_{2A(i)}$ 及进口气流角 $\beta_{1(i)}$ 。绘制草图,草图包括第一线段、第二线段、第三线段、第四线段、第五线段、第六线段、第一圆弧、第二圆弧、第七线段和第八线段。第一圆弧和第二圆弧组成新型线。根据新型线得到n个新的截面,根据n个新的截面得到优化后的叶轮模型。本发明只需知道待优化叶片截面的弦长、进口气流角和出口几何角,就能够对低压轴流式通风机的性能进行优化,大缩短了设计时间和成本。



1. 低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法,其特征在于:步骤一、建立待优化的叶轮模型;叶轮的轮毂侧壁与叶片外端的间距为 $n \times s$;在该模型的一枚叶片上取垂直叶轮径向的 n 个截面及该 n 个截面对应的型线,相邻两个截面间距均为 s ,最内侧的截面与轮毂侧壁相切, $3 \leq n \leq 20$;分别测出 n 个截面的弦长 $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$,及出口几何角 $\beta_{2A(i)}, i = 1, 2, 3, \dots, n$;去除模型中所有的倒角及圆角,得到简化模型;用网格划分软件对简化模型进行网格划分及数值模拟计算,得到待优化叶轮模型的全压及 n 个截面进口处的三个速度分量;根据三个速度分量画出速度三角形,从而得到 n 个截面的进口气流角 $\beta_{1(i)}, i = 1, 2, 3, \dots, n$;将该模型的全压值赋值给 $Z1$;

步骤二、将1赋值给 i ;

步骤三、绘制草图,草图包括第一线段、第二线段、第三线段、第四线段、第五线段、第六线段、第一圆弧、第二圆弧、第七线段和第八线段;第一线段与第二线段互为平行线,第三线段的两端端点分别在第一线段和第二线段上,第三线段的长度为 b_i ;第四线段与第六线段分别设置在第五线段的两侧,第四线段、第六线段的一端端点与第三线段的两端端点分别重合;第四线段的另一端端点在第五线段上;第六线段的另一端端点与第五线段的一端端点重合,且第六线段与第五线段等长;第五线段与第三线段相交;第一圆弧的圆心为第四线段与第五线段的交点,两端点分别为第四线段与第五线段的不重合端点;第二圆弧的圆心为第五线段与第六线段的交点,两端点分别为第五线段与第六线段的不重合端点;第一圆弧在第二圆弧的顺时针方向上;第七线段与第一圆弧在第四线段端点上的切线重合,第七线段与第一线段的夹角为 $\beta_{1(i)}$,第八线段与第二圆弧在第六线段端点上的切线重合,第八线段与第二线段的夹角为 $\beta_{2A(i)}$;第七线段与第八线段的夹角为 θ_c ,求得 $\theta_c = \beta_{2A(i)} - \beta_{1(i)}$;第四线段与第五线段的夹角为 α_1 ,取 $\alpha_1 = 0.6\theta_c$;第六线段与第五线段的夹角为 α_2 ,取 $\alpha_2 = 0.4\theta_c$;第三线段与第七线段的夹角为 α_1 ,第三线段与第八线段的夹角为 α_2 ;

步骤四、第一圆弧和第二圆弧组成新型线;对新型线叠加厚度值 $a, 1\text{mm} \leq a \leq 6\text{mm}$,得到圆弧形截面;或在翼型数据库选取一种翼型,得到翼型截面的厚度分布,翼型截面的厚度分布结合新型线得到翼型截面;将所得的圆弧形截面或翼型截面记录为第 i 个截面;

步骤五、 i 增大1,若 $i \leq n$,重复步骤三和四,重复过程中步骤四所得截面均为圆弧形截面或均为翼型截面;否则,进入下一步骤;

步骤六、将所得的 n 个截面每相邻两个截面间距 s 平行设置,并放入两个同轴且半径差为 $n \times s$ 的圆柱面之间; n 个截面的几何中心均在一条垂直于 n 个截面的直线上,且该直线垂直相交于两圆柱面的轴线; n 个截面根据弦长大小依次排布,且弦长最长的截面位于最内侧;弦长最长的截面与直径较小圆柱面相切; n 个截面的第一线段相互平行,并与两圆柱面的轴线垂直; n 个截面的第一线段位于同一侧;根据 n 个截面得到叶片锥形;延伸叶片锥形的两端,使得叶片锥形的外端完全穿过直径较大圆柱面,叶片锥形的内端完全穿过直径较小圆柱面;两圆柱面之间的叶片锥形即为优化后叶片;以两圆柱面轴线为阵列中心,沿圆周均布阵列出 m 枚叶片, $4 \leq m \leq 10$;为 m 枚叶片绘制轮毂,得到优化后的叶轮模型;

步骤七、在步骤六所建模型的一枚叶片上取垂直叶轮径向的 n 个截面及该 n 个截面对应的型线,相邻截面间距均为 s ,最内侧的截面与轮毂侧壁相切;分别测出 n 个截面的弦长 $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$,及出口几何角 $\beta_{2A(i)}, i = 1, 2, 3, \dots, n$;去除步骤六所建模型中所有的倒角及圆角,得到新简化模型;用网格划分软件对新简化模型网格划分,并进行数值模拟计算,

得到步骤六所建模型的全压及n个截面进口处的三个速度分量;根据三个速度分量画出速度三角形,从而得到n个截面的进口气流角 $\beta_{1(i)}$, $i=1,2,3,\dots,n$;将该模型的全压值赋值给Z2;

步骤八、若Z2减去Z1所得值大于k, $3\text{Pa} \leq k \leq 8\text{Pa}$,将Z2的值赋值给Z1,并重复步骤二、三、四、五、六和七;否则,优化结束。

2.根据权利要求1所述的低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法,其特征在于:步骤六中得到叶片雏形的方法如下:将n个截面的轮廓线在solidworks中进行“放样曲面”操作,平滑过渡生成叶片雏形。

3.根据权利要求1所述的低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法,其特征在于:步骤六中延伸叶片雏形两端的方法如下:将叶片雏形在solidworks中进行“曲面延伸”操作。

4.根据权利要求1所述的低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法,其特征在于:步骤四中选取的翼型为NACA0012。

5.根据权利要求1所述的低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法,其特征在于:步骤八中k的值为5Pa。

低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法

技术领域

[0001] 本发明属于通风机叶轮技术领域,具体涉及一种低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法。

背景技术

[0002] 低压轴流式通风机作为通风、暖通、冷却、空调和输运等工业设备和家用电器的主要动力,得到广泛应用。轴流风机的气动特点是全压低,风量大,叶轮效率低,原因是其叶片和管道之间有间隙,叶顶有二次流,叶根与轮毂相连,分离流也很严重,叶根和叶顶附近有大量的漩涡,甚至回流,造成很大的流动损失。

[0003] 在轴流通风机中,气流经过叶片时的压力损失是非常复杂的,沿叶片高度的压力损失分布是不均匀的。在叶片平均半径处,压力损失比较小,而且压力损失主要集中在叶片尾流中很窄的区域里;在靠近叶片平均半径的叶道中间部分,压力损失也都比较小,而且比较均匀;但在靠近轮毂和机壳附近,压力损失的区域扩大了,而且压力损失的数值也有所增加。那是由于当气流流过叶道时,气流与叶片间存在相对运动,于是它们之间有了作用力,而且叶片凹面的压力要大于叶片凸面的压力。因此,在相邻的两个叶片之间,从一个叶片的凹面到另一个叶片的凸面之间存在横向压力梯度,这个横向压力梯度随着升力系数的增加而增大。另一方面,气流是以曲线运动形式经过叶栅的,于是产生了离心力,该离心力的方向是从一个叶片的凸面指向相邻叶片的凹面。在沿着叶片高度的中间部分,相邻叶片之间的横向压力梯度与气流的离心力所平衡,所以气流不会产生横向方向的流动。但是在叶片根部和顶端情况则不同。例如,在叶片根部,轮毂表面附面层里的气流压力与附面层外面的气流压力是相同的,而附面层里面的气流速度随着向轮毂表面的接近而降低,并且趋向于零。因而在附面层里面存在着横向压力梯度,但是没有或者很少有气流的离心力,于是附面层的横向梯度压力不能被平衡,附面层内的气体会出现从一个叶片的凹面流向相邻叶片的凸面的横向流动,在叶片凹面附近的附面层里的压力有所降低,而在相邻叶片的凸面附近,压力却有所增加,于是形成了漩涡。这些漩涡被主气流所带走,在叶片尾端的后面,这些漩涡逐渐转变为热能损耗掉,这种损失在叶片根部和顶端都有。所以轴流风机的设计和优化的目标就是要减小径向速度,使轴向速度更加均匀,提升轮毂和轮盖处的轴向速度,并提升叶片的做功能力等,从而使风机效率和全压得到提升。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法。

[0005] 本发明的步骤具体如下:

[0006] 步骤一、建立待优化的叶轮模型。叶轮的轮毂侧壁与叶片外端的间距为 $n \times s$ 。在该模型的一枚叶片上取垂直叶轮径向的 n 个截面及该 n 个截面对应的型线,相邻两个截面间距均为 s ,最内侧的截面与轮毂侧壁相切, $3 \leq n \leq 20$ 。分别测出 n 个截面的弦长 b_i , $i = 1, 2,$

3, ..., n, 及出口几何角 $\beta_{2A(i)}$, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。去除模型中所有的倒角及圆角, 得到简化模型。用网格划分软件对简化模型进行网格划分及数值模拟计算, 得到待优化叶轮模型的全压及n个截面进口处的三个速度分量; 根据三个速度分量画出速度三角形, 从而得到n个截面的进口气流角 $\beta_{1(i)}$, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。将该模型的全压值赋值给Z1。

[0007] 步骤二、将1赋值给i。

[0008] 步骤三、绘制草图, 草图包括第一线段、第二线段、第三线段、第四线段、第五线段、第六线段、第一圆弧、第二圆弧、第七线段和第八线段。第一线段与第二线段互为平行线, 第三线段的两端端点分别在第一线段和第二线段上, 第三线段的长度为 b_i 。第四线段与第六线段分别设置在第五线段的两侧, 第四线段、第六线段的一端端点与第三线段的两端端点分别重合。第四线段的另一端端点在第五线段上。第六线段的另一端端点与第五线段的一端端点重合, 且第六线段与第五线段等长。第五线段与第三线段相交。第一圆弧的圆心为第四线段与第五线段的交点, 两端点分别为第四线段与第五线段的不重合端点。第二圆弧的圆心为第五线段与第六线段的交点, 两端点分别为第五线段与第六线段的不重合端点。第一圆弧在第二圆弧的顺时针方向上。第七线段与第一圆弧在第四线段端点上的切线重合, 第七线段与第一线段的夹角为 $\beta_{1(i)}$, 第八线段与第二圆弧在第六线段端点上的切线重合, 第八线段与第二线段的夹角为 $\beta_{2A(i)}$ 。第七线段与第八线段的夹角为 θ_c , 求得 $\theta_c = \beta_{2A(i)} - \beta_{1(i)}$ 。第四线段与第五线段的夹角为 α_1 , 取 $\alpha_1 = 0.6\theta_c$; 第六线段与第五线段的夹角为 α_2 , 取 $\alpha_2 = 0.4\theta_c$ 。第三线段与第七线段的夹角为 α_1 , 第三线段与第八线段的夹角为 α_2 。

[0009] 步骤四、第一圆弧和第二圆弧组成新型线。对新型线叠加厚度值a, $1\text{mm} \leq a \leq 6\text{mm}$, 得到圆弧形截面; 或在翼型数据库选取一种翼型, 得到翼型截面的厚度分布, 翼型截面的厚度分布结合新型线得到翼型截面。将所得的圆弧形截面或翼型截面记录为第i个截面。

[0010] 步骤五、i增大1, 若 $i \leq n$, 重复步骤三和四, 重复过程中步骤四所得截面均为圆弧形截面或均为翼型截面。否则, 进入下一步骤。

[0011] 步骤六、将所得的n个截面每相邻两个截面间距s平行设置, 并放入两个同轴且半径差为 $n \times s$ 的圆柱面之间。n个截面的几何中心均在一条垂直于n个截面的直线上, 且该直线垂直相交于两圆柱面的轴线。n个截面根据弦长大小依次排布, 且弦长最长的截面位于最内侧。弦长最长的截面与直径较小圆柱面相切。n个截面的第一线段相互平行, 并与两圆柱面的轴线垂直。n个截面的第一线段位于同一侧。根据n个截面得到叶片锥形。延伸叶片锥形的两端, 使得叶片锥形的两端完全穿过直径较大圆柱面, 叶片锥形的内端完全穿过直径较小圆柱面。两圆柱面之间的叶片锥形即为优化后叶片。以两圆柱面轴线为阵列中心, 沿圆周均布阵列出m枚叶片, $4 \leq m \leq 10$ 。为m枚叶片绘制轮毂, 得到优化后的叶轮模型。

[0012] 步骤七、在步骤六所建模型的一枚叶片上取垂直叶轮径向的n个截面及该n个截面对应的型线, 相邻截面间距均为s, 最内侧的截面与轮毂侧壁相切。分别测出n个截面的弦长 b_i , $i=1, 2, 3, \dots, n$, 及出口几何角 $\beta_{2A(i)}$, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。去除步骤六所建模型中所有的倒角及圆角, 得到新简化模型。用网格划分软件对新简化模型网格划分, 并进行数值模拟计算, 得到步骤六所建模型的全压及n个截面进口处的三个速度分量; 根据三个速度分量画出速度三角形, 从而得到n个截面的进口气流角 $\beta_{1(i)}$, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。将该模型的全压值赋值给Z2。

[0013] 步骤八、若Z2减去Z1所得值大于k, $3\text{Pa} \leq k \leq 8\text{Pa}$, 将Z2的值赋值给Z1, 并重复步骤

二、三、四、五、六和七。否则,优化结束。

[0014] 步骤六中得到叶片锥形的方法如下:将 n 个截面的轮廓线在solidworks中进行“放样曲面”操作,平滑过渡生成叶片锥形。

[0015] 步骤六中延伸叶片锥形两端的方法如下:将叶片锥形在solidworks中进行“曲面延伸”操作。

[0016] 步骤四中选取的翼型为NACA0012。

[0017] 步骤八中 k 的值为5Pa。

[0018] 本发明具有的有益效果是:

[0019] 1、本发明结合流体机械、三维建模和CFD,通过叶片截面的弦长、进口气流角和出口几何角,就能够对低压轴流式通风机的性能进行优化,大大缩短了设计时间和成本。

[0020] 2、本发明具有重复的优化步骤单元,重复执行优化步骤单元,即可完成对低压轴流式通风机性能的多次优化。

[0021] 3、本发明第一次执行优化步骤单元,低压轴流式通风机的全压大幅提升,但效率略有下降;执行后续优化步骤单元,低压轴流式通风机的效率基本保持不变,全压会持续提升。

附图说明

[0022] 图1为待优化叶轮模型的立体图;

[0023] 图2为本发明中绘制叶片截面型线的草图。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图对本发明作进一步说明。

[0025] 低压轴流式通风机叶轮叶片的优化方法的具体步骤如下:

[0026] 步骤一、建立待优化的叶轮模型如图1所示,叶轮的轮毂侧壁与叶片外端的间距为 $8s$ 。在该模型的一枚叶片上取垂直叶轮径向的八个截面及该八个截面对应的型线,相邻截面间距均为 s ,最内侧的截面与轮毂侧壁相切。分别测出八个截面的弦长 $b_i, i=1, 2, 3, \dots, 8$,及出口几何角 $\beta_{2A(i)}, i=1, 2, 3, \dots, 8$ 。去除模型中所有的倒角及圆角,得到简化模型。用网格划分软件对简化模型进行网格划分及数值模拟计算,得到待优化叶轮模型的全压及八个截面进口处的三个速度分量;根据三个速度分量画出速度三角形,从而得到八个截面的进口气流角 $\beta_{1(i)}, i=1, 2, 3, \dots, 8$ 。将待优化叶轮模型的全压值赋值给 Z_1 。

[0027] 步骤二、将 1 赋值给 i 。

[0028] 步骤三、如图2所示,绘制草图,草图包括第一线段1、第二线段2、第三线段3、第四线段4、第五线段5、第六线段6、第一圆弧7-1、第二圆弧7-2、第七线段8和第八线段9。第一线段1与第二线段2互为平行线,第三线段3的两端端点分别在线段1和线段2上,第三线段3的长度为 b_i 。第四线段4与第六线段6分别设置在第五线段5的两侧,第四线段4、第六线段6的一端端点与第三线段3的两端端点分别重合。第四线段4的另一端端点在第五线段5上。第六线段6的另一端端点与第五线段5的一端端点重合,且第六线段6与第五线段5等长。第五线段5与第三线段3相交。第一圆弧7-1的圆心为第四线段4与第五线段5的交点,两端点分别为第四线段4与第五线段5的不重合端点。第二圆弧7-2的圆心为第五线段5与第六线段

6的交点,两端点分别为第五线段5与第六线段6的不重合端点。第一圆弧7-1在第二圆弧7-2的顺时针方向上。第七线段8与第一圆弧7-1在第四线段4端点上的切线重合,第七线段8与第一线段1的夹角为 $\beta_{1(i)}$,第八线段9与第二圆弧7-2在第六线段6端点上的切线重合,第八线段9与第二线段2的夹角为 $\beta_{2A(i)}$ 。第七线段8与第八线段9的夹角为 θ_c ,求得 $\theta_c = \beta_{2A(i)} - \beta_{1(i)}$ 。第四线段4与第五线段5的夹角为 α_1 ,取 $\alpha_1 = 0.6\theta_c$;第六线段6与第五线段5的夹角为 α_2 ,取 $\alpha_2 = 0.4\theta_c$ 。第三线段3与第七线段8的夹角为 α_1 ,第三线段3与第八线段9的夹角为 α_2 。

[0029] 步骤四、第一圆弧7-1和第二圆弧7-2组成新型线。对新型线叠加厚度值 a , a 的值取4mm,得到圆弧形截面;或在翼型数据库选取一种翼型,选取的翼型为NACA0012,得到翼型截面的厚度分布,翼型截面的厚度分布结合新型线得到翼型截面,将所得的圆弧形截面或翼型截面记录为第 i 个截面。

[0030] 步骤五、 i 增大1,若 $i \leq 8$,重复步骤三和四,重复过程中步骤四所得截面均为圆弧形截面或均为翼型截面。否则,进入下一步骤。

[0031] 步骤六、将所得的八个截面每相邻两个截面间距 s 平行设置,并放入两个同轴且半径差为 $8s$ 的圆柱面之间。八个截面的几何中心均在一条垂直于八个截面的直线上,且该直线垂直相交于两圆柱面的轴线。八个截面根据弦长大小依次排布,且弦长最长的截面位于最内侧。弦长最长的截面与直径较小的圆柱面相切。八个截面的第一线段1相互平行,并与两圆柱面的轴线垂直。八个截面的第一线段1均位于同一侧。将八个截面的轮廓线在solidworks中进行“放样曲面”操作,平滑过渡生成叶片锥形。将叶片锥形在solidworks中进行“曲面延伸”操作,使得叶片锥形的外端完全穿过直径较大圆柱面,叶片锥形的内端完全穿过直径较小圆柱面。两圆柱面之间的叶片锥形即为优化后叶片。以两圆柱面轴线为阵列中心, 60° 为阵列角度,圆周阵列出六枚叶片。为六枚叶片绘制轮毂,得到优化后的叶轮模型。叶片截面型线的第一圆弧靠近叶轮模型的进口,第二圆弧靠近叶轮模型的出口。

[0032] 步骤七、在步骤六所建模型的一枚叶片上取垂直叶轮径向的八个截面及该八个截面对应的型线,相邻两个截面间距均为 s ,最内侧的截面与轮毂侧壁相切。分别测出八个截面的弦长 $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, 8$,及出口几何角 $\beta_{2A(i)}, i = 1, 2, 3, \dots, 8$ 。去除步骤六所建模型中所有的倒角及圆角,得到新简化模型。用网格划分软件对新简化模型网格划分,并进行数值模拟计算,得到步骤六所建模型的全压及八个截面进口处的三个速度分量;根据三个速度分量画出速度三角形,从而得到八个截面的进口气流角 $\beta_{1(i)}, i = 1, 2, 3, \dots, 8$ 。将步骤六所建模型的全压值赋值给Z2。

[0033] 步骤八、若Z2减去Z1所得值大于5Pa,将Z2的值赋值给Z1,并重复执行步骤二、三、四、五、六和七。否则,优化结束。

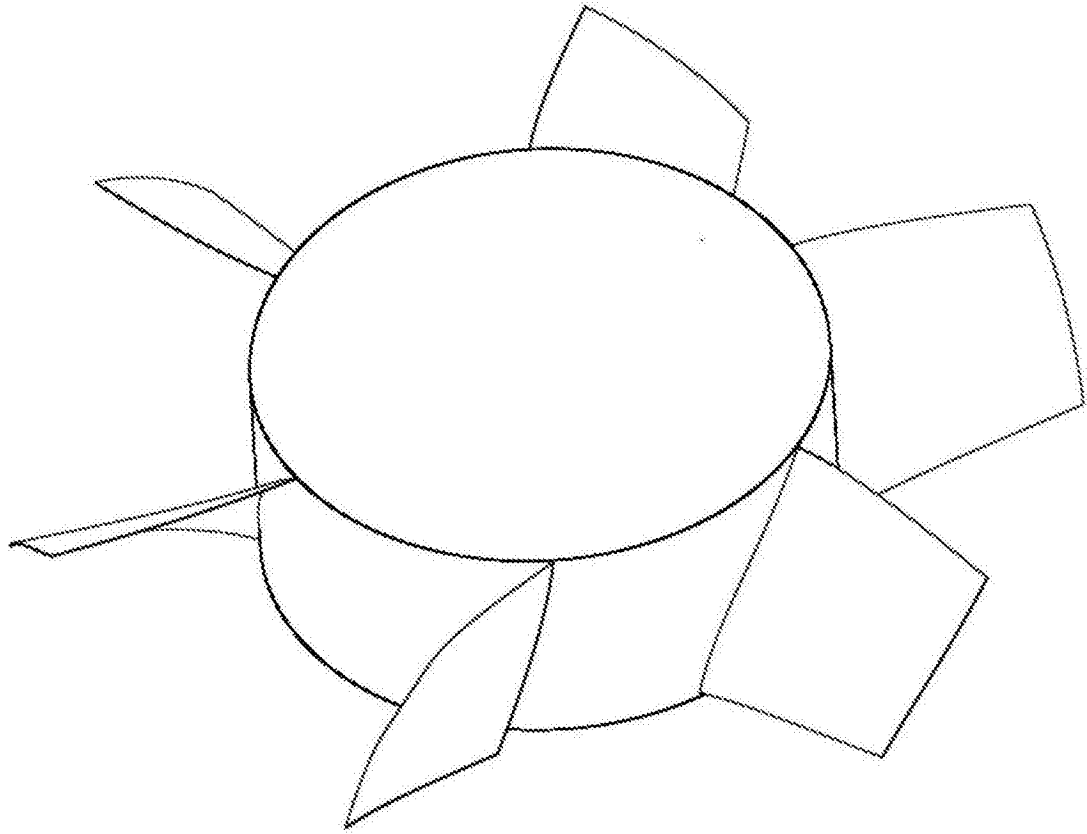


图1

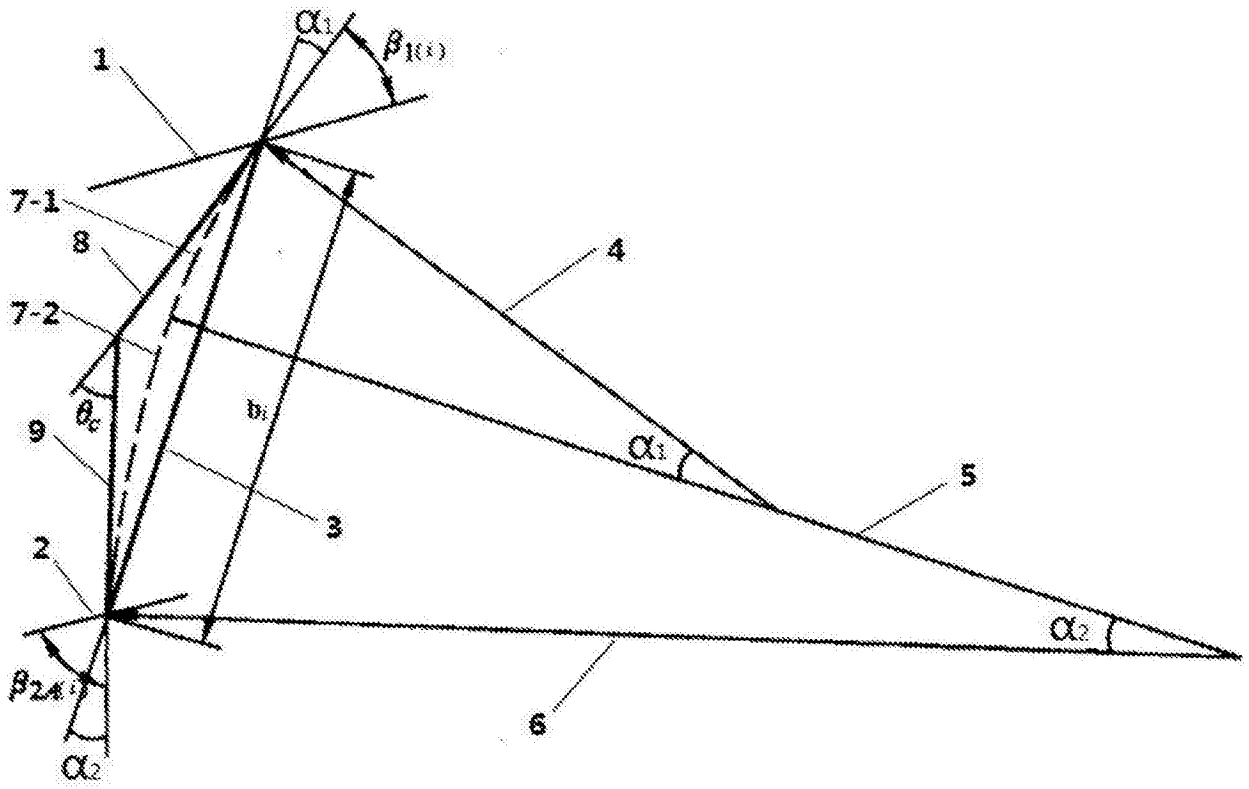


图2