(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2018 年 7 月 12 日 (12.07.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/126745 A1

(51) 国际专利分类号:
F04D 29/30 (2006.01) *F04D 29/38* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/103960

(22) 国际申请日: 2017 年 9 月 28 日 (28.09.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710009207.9 2017年1月6日 (06.01.2017) CN

(71) 申请人: 珠海格力电器股份有限公司 (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) [CN/CN]; 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。

(72) 发明人: 曹锋 (CAO, Feng); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。 邹建煌 (ZOU, Jianhuang); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。 刘中杰 (LIU, Zhongjie); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。 龙斌华 (LONG, Binhua); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。 刘浩 (LIU, Hao); 中国广东省珠海市前山金鸡西路, Guangdong 519070 (CN)。

(74) 代理人: 北京煦润律师事务所 (BEIJING XURUN LAW FIRM); 中国北京市海淀区中关村东路18号财智国际大厦B座1605室, Beijing 100083 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** BLADE, IMPELLER, AND BLOWER

(54) 发明名称: 叶片、叶轮及风机

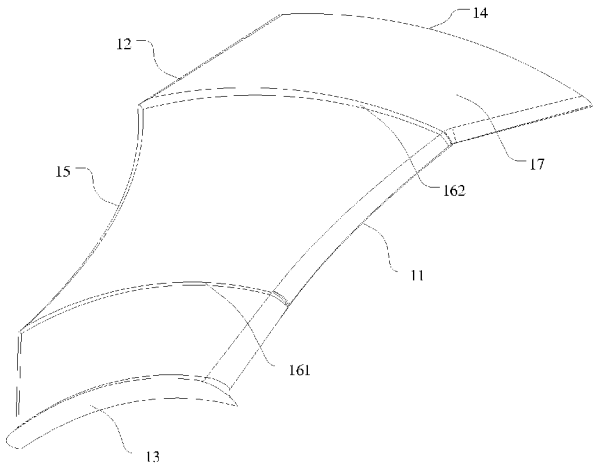


图 1

(57) **Abstract:** A blade, impeller, and blower. A trailing edge (12) of the blade (1) is provided with at least one concave arc segment (15), and at least one end point of the at least one concave arc segment (15) is located between a radial outer edge (13) and a radial inner edge (14) of the blade (1). The blade (1) is provided with at least one ridge structure protruding from a pressure surface (18) of the blade (1) toward a suction surface (17) thereof. The blade is provided with the at least one concave arc segment at the trailing edge thereof on the basis of a biomimicry concept, and is further provided with the protruding ridge structure, thus improving an airflow pattern at the trailing edge of the blade by means of changing a shape of the blade, and accordingly reducing noise.

WO 2018/126745 A1

[见续页]

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种叶片、叶轮及风机。该叶片(1)的尾缘(12)设置有至少一段内凹弧(15)，至少一段内凹弧(15)的至少一个端点位于所述叶片(1)的径向外缘(13)与径向内缘(14)之间，所述叶片(1)上设置有至少一条由所述叶片(1)的压力面(18)向所述叶片(1)的吸力面(17)方向凸出的凸脊结构。该叶片基于仿生原理在其尾缘设置至少一段内凹弧，且在叶片上设置凸脊结构，通过改变叶片的形状，改善叶片尾缘气流流动形态，进而降低噪音。

叶片、叶轮及风机

技术领域

本发明涉及风机领域，更具体地涉及一种叶片、叶轮及风机。

背景技术

在风机的转速较高时，尤其转速在 3200Rpm 左右时，气流流经叶片表面时会出现边界层分离严重、叶片尾缘处气流紊动强烈的状况，进而导致叶片宽频噪音较高，影响风机的性能且使用舒适度低。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的之一是提供一种能够提高风机性能、降低叶片宽频噪音的叶片、叶轮及风机。

为达上述目的，第一方面，提供一种叶片。

一种叶片，所述叶片的尾缘设置有至少一段内凹弧，所述至少一段内凹弧的至少一个端点位于所述叶片的径向外缘与径向内缘之间，所述叶片上设置有至少一条由所述叶片的压力面向所述叶片的吸力面方向凸出的凸脊结构。

优选地，所述凸脊结构的一端交汇于所述内凹弧的端点处，另一端交汇于所述叶片的前缘。

优选地，每一段所述内凹弧的两个端点均对应设置一条所述凸脊结构。

优选地，所述叶片上由所述叶片的径向内缘向径向外缘的方向间隔设置有多条凸脊结构，所述凸脊结构的最大高度由所述叶片的径向内缘向径向外缘的方向逐渐减小。

优选地，所述叶片的尾缘设置有一段内凹弧，所述至少一条由所述叶片的压力面向所述叶片的吸力面方向凸出的凸脊结构包括靠近所述叶片的径向内缘设置的第一凸脊结构和靠近所述叶片的径向外缘设置的第

二凸脊结构，所述第一凸脊结构的一端交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向内缘的端点处，所述第二凸脊结构交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向外缘的端点处。

优选地，所述第一凸脊结构的最大高度为W1，所述第二凸脊结构的最大高度为W2，在径向上，所述叶片的径向内缘与径向外缘之间的距离为L；

其中，W1=k1*L，系数k1的范围为0.025至0.035；和/或，

W2=k2*L，系数k2的范围为0.021至0.031。

优选地，所述凸脊结构呈圆弧形。

优选地，所述叶片的尾缘设置有一段内凹弧，所述至少一条由所述叶片的压力面向所述叶片的吸力面方向凸出的凸脊结构包括靠近所述叶片的径向内缘设置的第一凸脊结构和靠近所述叶片的径向外缘设置的第二凸脊结构，所述第一凸脊结构的一端交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向内缘的端点处，所述第二凸脊结构交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向外缘的端点处，所述第一凸脊结构在周向上的圆弧半径为R2，所述第二凸脊结构在周向上的圆弧半径为R3，所述叶片的径向内缘的半径为R1；

其中，R2=k3*R1，系数k3的范围为1.3至1.4；和/或，

R3=k4*R1，系数k4的范围为1.95至2.05。

优选地，所述凸脊结构的圆心与所述叶片的径向内缘的圆心重合。

优选地，所述叶片的尾缘设置有一段内凹弧，在所述叶片自其径向内缘向径向外缘依次均布的五个基元级中，

叶栅稠度依次为0.84至0.86,0.77至0.79,0.54至0.56,0.57至0.59,0.51至0.53；和/或，

安装角度依次为30.5至32.5,24.5至26.5,19.5至21.5,15.5至17.5,13.0至15.0；和/或，

前弯角度依次为0°，1°至3°，7°至9°，9°至11°，17°至19°。

优选地，所述凸脊结构具有尖角结构，所述尖角结构与所述叶片的吸力面和压力面均经平滑曲面过渡连接。

第二方面，本发明提供一种叶轮。

一种叶轮，包括如上所述的叶片。

优选地，所述叶轮包括多个沿周向排布的所述叶片，相邻叶片之间具有夹角，在所述夹角中，至少有一个夹角的度数与其他夹角的度数不同。

优选地，所述叶轮包括 7 个所述叶片，在周向上，相邻所述叶片之间的夹角依次为 49.5° 至 50.5°，51.0° 至 52.0°，45.5 至 46.5°，58.6 至 59.6°，47.5 至 48.5°，46.8 至 47.3°，57.5° 至 58.5°。

优选地，所述叶轮包括轮毂和外圈，所述叶片的径向内缘与所述轮毂连接，所述叶片的径向外缘与所述外圈连接，所述外圈的径向外侧设置有凹槽。

优选地，所述外圈的径向外侧设置多条呈环形的所述凹槽，多条所述凹槽沿所述外圈的轴向间隔分布设置。

第三方面，本发明提供一种风机。

一种风机，包括如上所述的叶轮。

第四方面，本发明提供一种风机。

一种风机，包括如上所述的叶轮以及设置于所述叶轮的外圈径向外侧的导流圈。

本发明提供的叶片基于仿生原理在其尾缘设置至少一段内凹弧，且在叶片上设置凸脊结构，通过改变叶片的形状使得叶片呈类似于蝙蝠翼的形状，从而改善叶片尾缘气流流动形态，进而降低噪音。

附图说明

通过以下参照附图对本发明实施例的描述，本发明的上述以及其它目的、特征和优点将更为清楚，在附图中：

图 1 示出本发明具体实施方式提供的叶片的结构示意图；

图 2 示出本发明具体实施方式提供的叶片的五个基元级的示意图；

图 3 示出本发明具体实施方式提供的叶轮局部剖视开的立体图；

图 4 示出图 4 中 A 部分的局部放大图；

图 5 示出本发明具体实施方式提供的叶轮的俯视图；

图 6 示出本发明具体实施方式提供的叶轮的主视图；

图 7 示出现有叶轮外圈与导流圈配合处的结构示意图；

图 8 示出本发明具体实施方式提供的叶轮的局部剖视图；

图 9 示出本发明具体实施方式提供的另一种叶轮的局部剖视图；

图 10 示出本发明具体实施方式提供的再一种叶轮的局部剖视图；

图 11 示出本发明具体实施方式提供的还一种叶轮的局部剖视图；

图 12 示出本发明具体实施方式提供的叶片的压力面静压分布图。

图中，1、叶片；11、前缘；12、尾缘；13、径向内缘；14、径向外缘；15、内凹弧；161、第一凸脊结构；162、第二凸脊结构；17、吸力面；18、压力面；2、轮毂；3、外圈；31、凹槽；3’外圈；4’、导流圈。

具体实施方式

以下基于实施例对本发明进行描述，但是本发明并不仅仅限于这些实施例。在下文对本发明的细节描述中，详尽描述了一些特定的细节部分。对本领域技术人员来说没有这些细节部分的描述也可以完全理解本发明。为了避免混淆本发明的实质，公知的方法、过程、流程、元件并没有详细叙述。

此外，本领域普通技术人员应当理解，在此提供的附图都是为了说明的目的，并且附图不一定是按比例绘制的。

除非上下文明确要求，否则整个说明书和权利要求书中的“包括”、“包含”等类似词语应当解释为包含的含义而不是排他或穷举的含义；也就是说，是“包括但不限于”的含义。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。此外，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

本发明提供了一种叶片，如图 1 至图 4 所示，本申请中的叶片 1 形成为片状结构，其包括前缘 11、尾缘 12、径向内缘 13 与径向外缘 14，在叶片 1 的尾缘 12 上设置有至少一段内凹弧 15，且该内凹弧 15 的至少

一个端点位于叶片 1 的径向外缘 13 与径向内缘 14 之间，即内凹弧 15 的至少一个端点位于叶片 1 的径向外缘 13 的径向内侧以及径向内缘 14 的径向外侧，优选内凹弧 15 的两个端点均位于叶片 1 的径向外缘 13 与径向内缘 14 之间，基于仿生原理，通过改变叶片 1 的形状使得叶片呈类似于蝙蝠翼的形状，从而改善叶片尾缘气流流动形态，进而降低噪音。

内凹弧 15 的数量不限，可根据叶片 1 的具体规格等因素进行确定。内凹弧 15 的具体弧度不限，也可以为圆弧形，也可以为曲率不断变化的弧形，优选地，内凹弧 15 的曲率由叶片 1 的径向内缘 13 向径向外缘 14 的方向逐渐增大，能够获得更优的气流流动形态。

进一步优选地，叶片 1 具有吸力面 17 和压力面 18，在叶片 1 上设置有至少一条由叶片 1 的压力面 18 向叶片 1 的吸力面 17 方向凸出的凸脊结构，即在叶片 1 的压力面 18 形成凹部，使得压力面 18 和吸力面 17 均沿压力面 18 向吸力面 17 的方向凸出。如此，凸脊结构与尾缘 12 上的内凹弧 15 相配合来进一步改善气流的流动形态，降低叶片 1 的宽频噪音。凸脊结构的形状具体不限，在一个优选地实施例中，凸脊结构呈尖角结构，并且，尖角结构优选与叶片 1 的吸力面 17 以及压力面 18 经平滑曲面过渡连接，如此，能够避免产生气流死角，进一步提高采用其的风机性能。

凸脊结构在叶片上的排布方式具体不限，优选一端交汇于叶片 1 的前缘 11，另一端交汇于叶片的尾缘 12，为了能够与叶片尾缘 12 上的内凹弧 15 形成更好的配合，进一步优选地，凸脊结构的一端交汇于内凹弧 15 的端点处，另一端交汇于叶片的前缘 11，如此，凸脊结构与内凹弧 15 能够形成更加近似于蝙蝠翼的结构，从而获得更优的气流流动形态。

下面以在尾缘 12 设置一段内凹弧 15 为例具体说明内凹弧 15 与凸脊结构的具体配合结构。内凹弧 15 设置在叶片 1 径向的中部（对具体位置的限定可通过后面对凸脊结构的限定获得），内凹弧 15 具有两个端点，分别为靠近叶片径向内缘 13 的第一端点以及靠近叶片径向外缘 14 的第二端点，叶片 1 上设置有两条凸脊结构，分别为靠近叶片径向内缘 13 设置的第一凸脊结构 161 以及靠近叶片径向外缘 14 设置的第二凸脊结构 162，第一凸脊结构 161 的一端与第一端点交汇，另一端与叶片前缘 11

交汇，第二凸脊结构 162 的一端与第二端点交汇，另一端与叶片前缘 11 交汇，如此，形成非常接近于蝙蝠翼的形状，从而改善叶片尾缘 12 处的气流，降低叶片产生的噪音。

凸脊结构优选在周向上呈圆弧形，进一步优选地，在与轴向垂直的平面内，叶片 1 的径向内缘 13、径向外缘 14 以及第一凸脊结构 161、第二凸脊结构 162 所在圆为同心圆。

为进一步优化气流的流动形态，可对叶片 1 的各部分结构参数进行优化，在优选的实施例中，凸脊结构的最大高度由叶片的径向内缘向径向外缘的方向逐渐减小，凸脊结构的最大高度为叶片 1 的中线在凸脊结构的尖角结构顶端位置上的点距离叶片 1 的径向内缘 13 至径向外缘 14 的重心连线 AB 的垂直距离。在如图 4 中所示的实施例中，第一凸脊结构 161 的最大高度为 W1，第二凸脊结构 162 的最大高度为 W2，W2 小于 W1。

进一步优选地，如图 4 所示，在径向上，叶片 1 的径向内缘 13 与径向外缘 14 之间的距离为 L，此处所述的径向不是在与轴向垂直平面内的投影方向上，由于叶片 1 安装后相对于轴线方向有一定的夹角，因此，此处的径向是，在中心引出一条径线，该径线能够与径向内缘 13 和径向外缘 14 均具有交点，这两个交点之间的距离即为距离 L。W1 与 L 优选满足关系：W1=k1*L，系数 k1 的范围为 0.025 至 0.035。W2 与 L 优选满足关系：W2=k2*L，系数 k2 的范围为 0.021 至 0.031。

在优选的实施例中，如图 5 所示，第一凸脊结构 161 在周向上的圆弧半径为 R2，第二凸脊结构 162 在周向上的圆弧半径为 R3，叶片 1 的径向内缘 13 的半径为 R1，R1 与 R2 优选满足关系：R2=k3*R1，系数 k3 的范围为 1.3 至 1.4。R1 与 R3 优选满足关系：R3=k4*R1，系数 k4 的范围为 1.95 至 2.05。

在优选的实施例中，如图 2 所示，在叶片 1 自其径向内缘 13 向径向外缘 14 依次均布的五个基元级（自径向内缘向径向外缘依次为 S1、S2、S3、S4、S5）中，叶栅稠度依次为 0.84 至 0.86,0.77 至 0.79,0.54 至 0.56,0.57 至 0.59,0.51 至 0.53，安装角度（自径向内缘向径向外缘依次为β 1、β 2、β 3、β 4、β 5）依次为 30.5 至 32.5,24.5 至 26.5,19.5 至 21.5,15.5 至 17.5,13.0 至 15.0，前弯角度（自径向内缘向径向外缘

依次为σ 1、σ 2、σ 3、σ 4、σ 5）依次为 0°，1° 至 3°，7° 至 9°，9° 至 11°，17° 至 19°。其中，基元级为半径 R 的圆周面沿轴向与叶片 1 相交时两者相交的部分，不同半径 R 的圆周面能够与叶片 1 相交成不同的基元级，叶片由无限多个基元级构成。安装角度为叶片翼弦与旋转方向的夹角，前弯角度为不同的基元级中心与叶片旋转中心之间的连线的夹角，默认第一个基元级的前弯角为 0°。

进一步地，本申请还提供了一种叶轮，其采用如上所述的叶片。在一个具体的实施例中，如图 3 至图 6 所示，叶轮包括轮毂 2，多个叶片 1 的径向内缘 13 固定于轮毂 2 的外周面上并沿周向分布。优选的，在与轮毂 2 的轴线垂直的平面内，多个叶片 1 上相对应的凸脊结构分别位于同一个圆上。例如，如图 5 中所示，多个叶片 1 的第一凸脊结构 161 均位于同一个圆上，多个叶片 1 的第二凸脊结构 162 也位于同一个圆上。

现有叶轮的叶片一般在周向上为均匀布置，流经叶片的气流与叶片产生周期拍打的现象，从而产生偶极子噪声源，也即为叶片通过噪音。该类型噪音属于窄频噪音，基频噪音值最高，而且基频随着转速以及叶片数的增加而增加，音质听起来极不悦耳，难以令人接受。针对此问题，本申请中，相邻叶片 1 之间的夹角中，至少有一个夹角的度数与其他夹角的度数不同，这种非等间距的设置方式能够在一定程度上控制噪音峰值，尤其是基频所对应的峰值。

本申请中对于“夹角”的定义为，叶片前缘的径向外端与中心连线之间的夹角。在一个具体的实施例中，如图 5 所示，叶轮包括 7 个叶片 1，在周向上，相邻叶片 1 之间的夹角依次为θ 1、θ 2、θ 3、θ 4、θ 5、θ 6、θ 7，θ 1 的范围为 49.5° 至 50.5°，θ 2 的范围为 51.0° 至 52.0°，θ 3 的范围为 45.5 至 46.5°，θ 4 的范围为 58.6 至 59.6°，θ 5 的范围为 47.5 至 48.5°，θ 6 的范围为 46.8 至 47.3°，θ 7 的范围为 57.5° 至 58.5°。

在进一步的实施例中，叶轮还包括外圈 3，叶片 1 的径向内缘 13 与轮毂 2 连接，径向外缘 14 与外圈 3 连接。当叶轮安装在风机上时，叶轮设置在导流圈内，即导流圈罩于叶轮的外周上，使得导流圈位于外圈 3 的径向外侧。

现有技术中，如图 7 所示，为了防止外圈 3’与导流圈 4’出现动静干涉，在外圈 3’与导流圈 4’之间会设置安全间隙，在风机运转过程中，气流不可避免的会流经该间隙，从而发生泄漏，导致风机效率降低。为改善这一现象，本申请中，如图 8 所示，在外圈 3 的径向外侧设置有凹槽 31，使得外圈 3 的截面面积会发生反复变化，从而增加外圈 3 与导流圈之间形成的流道的阻力，如此，能够在保证安全间隙的同时，减少泄漏，进而提高风机效率。

凹槽 31 的尺寸不宜过大，也不宜过小，过大会影响外圈 3 的结构强度，过小则起不到增加阻力的效果。在一个优选的实施例中，凹槽 31 的深度 M1≤0.5M2，M2 为外圈的厚度。凹槽 31 的宽度（即在轴向上的尺寸）M3 的取值范围为 M1<M3<2M1。

凹槽 31 的具体形状不限，优选呈环形，多条环形的凹槽 31 沿外圈 3 的轴向间隔分布设置，从而达到更好的增加阻力的效果。凹槽 31 的截面形状也不限，可以为如图 8 所示的弧形，也可以为多边形，例如如图 9 至 11 所示的矩形、半五边形、半六边形等等，截面呈多边形的凹槽能够进一步的增加对气流的阻力，降低风机的泄露。

进一步地，本申请还提供了一种风机，采用上述的叶轮，能够有效降低风机的噪音且运行更加可靠，泄露少，效率高。

在一个具体的实施例中，该风机的叶片具体参数为，R2=1.33R1，R3=1.99R1，W1=0.299L，W2=0.026L，S1、S2、S3、S4、S5 的叶栅稠度分别为 0.85、0.78、0.55、0.58、0.52，安装角度分别为 31.5°、25.5°、20.5°、16.5°、14.0°，前弯角度分别为 0°、2°、8°、10°、18°。θ 1、θ 2、θ 3、θ 4、θ 5、θ 6、θ 7 的角度依次为 50°、51.5°、46°、59.1°、48°、47.3°、58°。叶轮外圈的凹槽深度 M1=0.5M2，M2 为外圈厚度，凹槽宽度 M3=M1，凹槽的截面形状为如图 8 中所示的弧形。经模拟实验，该风机的叶片的压力面静压分布如图 12 所示，由图可知，通过一系列的尺寸优化，进一步地改善气流的流动形态，降低叶片的宽频噪音。经具体的实验测试，与现有风机的对比结果如下表所示：

	转速 n(Rpm)	静压 (Pa)	风量 Q(m^3/h)	风机效率η (%)	噪音 N(dB/A)
现有风机	3220	130	2100	39.19	78.3
本申请风机	3224	130	2150	41.37	75.8

由上表可知，本申请风机的效率高且噪音低，效率相较于现有风机提高了 2.18%，噪音降低了 2.5dB，较现有风机具有更好的性能。

本申请提供的风机可广泛应用于各种需要进行送风的设备中，例如适用于空调，尤其是大巴空调中。

本领域的技术人员容易理解的是，在不冲突的前提下，上述各优选方案可以自由地组合、叠加。

应当理解，上述的实施方式仅是示例性的，而非限制性的，在不偏离本发明的基本原理的情况下，本领域的技术人员可以针对上述细节做出的各种明显的或等同的修改或替换，都将包含于本发明的权利要求范围内。

权利要求书

1、一种叶片，其特征在于，所述叶片的尾缘设置有至少一段内凹弧，所述至少一段内凹弧的至少一个端点位于所述叶片的径向外缘与径向内缘之间，所述叶片上设置有至少一条由所述叶片的压力面向所述叶片的吸力面方向凸出的凸脊结构。

2、根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述凸脊结构的一端交汇于所述内凹弧的端点处，另一端交汇于所述叶片的前缘。

3、根据权利要求 2 所述的叶片，其特征在于，每一段所述内凹弧的两个端点均对应设置一条所述凸脊结构。

4、根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述叶片上由所述叶片的径向内缘向径向外缘的方向间隔设置有多条凸脊结构，所述凸脊结构的最大高度由所述叶片的径向内缘向径向外缘的方向逐渐减小。

5、根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述叶片的尾缘设置有一段内凹弧，所述至少一条由所述叶片的压力面向所述叶片的吸力面方向凸出的凸脊结构包括靠近所述叶片的径向内缘设置的第一凸脊结构和靠近所述叶片的径向外缘设置的第二凸脊结构，所述第一凸脊结构的一端交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向内缘的端点处，所述第二凸脊结构交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向外缘的端点处。

6、根据权利要求 5 所述的叶片，其特征在于，所述第一凸脊结构的最大高度为 W1，所述第二凸脊结构的最大高度为 W2，在径向上，所述叶片的径向内缘与径向外缘之间的距离为 L；

其中，W1=k1*L，系数 k1 的范围为 0.025 至 0.035；和/或，

W2=k2*L，系数 k2 的范围为 0.021 至 0.031。

7、根据权利要求 1 所述的叶片，所述凸脊结构在周向上呈圆弧形。

8、根据权利要求 7 所述的叶片，其特征在于，所述叶片的尾缘设置有一段内凹弧，所述至少一条由所述叶片的压力面向所述叶片的吸力面方向凸出的凸脊结构包括靠近所述叶片的径向内缘设置的第一凸脊结构和靠近所述叶片的径向外缘设置的第二凸脊结构，所述第一凸脊结构的一端交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向内缘的端点处，所述第二凸脊结构交汇于所述内凹弧上靠近所述叶片的径向外缘的端点处，所述第一凸脊结构在周向上的圆弧半径为 R2，所述第二凸脊结构在周向上的圆弧半径为 R3，所述叶片的径向内缘的半径为 R1；

其中，R2=k3*R1，系数 k3 的范围为 1.3 至 1.4；和/或，

R3=k4*R1，系数 k4 的范围为 1.95 至 2.05。

9、根据权利要求 7 所述的叶片，其特征在于，所述凸脊结构的圆心与所述叶片的径向内缘的圆心重合。

10、根据权利要求 5 所述的叶片，其特征在于，在所述叶片自其径向内缘向径向外缘依次均布的五个基元级中，

叶栅稠度依次为 0.84 至 0.86,0.77 至 0.79,0.54 至 0.56,0.57 至 0.59,0.51 至 0.53；和/或，

安装角度依次为 30.5 至 32.5,24.5 至 26.5,19.5 至 21.5,15.5 至 17.5,13.0 至 15.0；和/或，

前弯角度依次为 0°，1° 至 3°，7° 至 9°，9° 至 11°，17° 至 19°。

11、根据权利要求 1 所述的叶片，其特征在于，所述凸脊结构具有尖角结构，所述尖角结构与所述叶片的吸力面和压力面均经平滑曲面过渡连接。

12、一种叶轮，其特征在于，包括如权利要求 1 至 11 任一项所述

的叶片。

13、根据权利要求 12 所述的叶轮，其特征在于，所述叶轮包括多个沿周向排布的所述叶片，相邻叶片之间具有夹角，在所述夹角中，至少有一个夹角的度数与其他夹角的度数不同。

14、根据权利要求 13 所述的叶轮，其特征在于，所述叶轮包括 7 个所述叶片，在周向上，相邻所述叶片之间的夹角依次为 49.5° 至 50.5°，51.0° 至 52.0°，45.5 至 46.5°，58.6 至 59.6°，47.5 至 48.5°，46.8 至 47.3°，57.5° 至 58.5°。

15、根据权利要求 12 至 14 任一项所述的叶轮，其特征在于，所述叶轮包括轮毂和外圈，所述叶片的径向内缘与所述轮毂连接，所述叶片的径向外缘与所述外圈连接，所述外圈的径向外侧设置有凹槽。

16、根据权利要求 15 所述的叶轮，其特征在于，所述外圈的径向外侧设置多条呈环形的所述凹槽，多条所述凹槽沿所述外圈的轴向间隔分布设置。

17、一种风机，其特征在于，包括如权利要求 12 至 16 任一项所述的叶轮。

18、一种风机，其特征在于，包括如权利要求 15 或 16 所述的叶轮以及设置于所述叶轮的外圈径向外侧的导流圈。

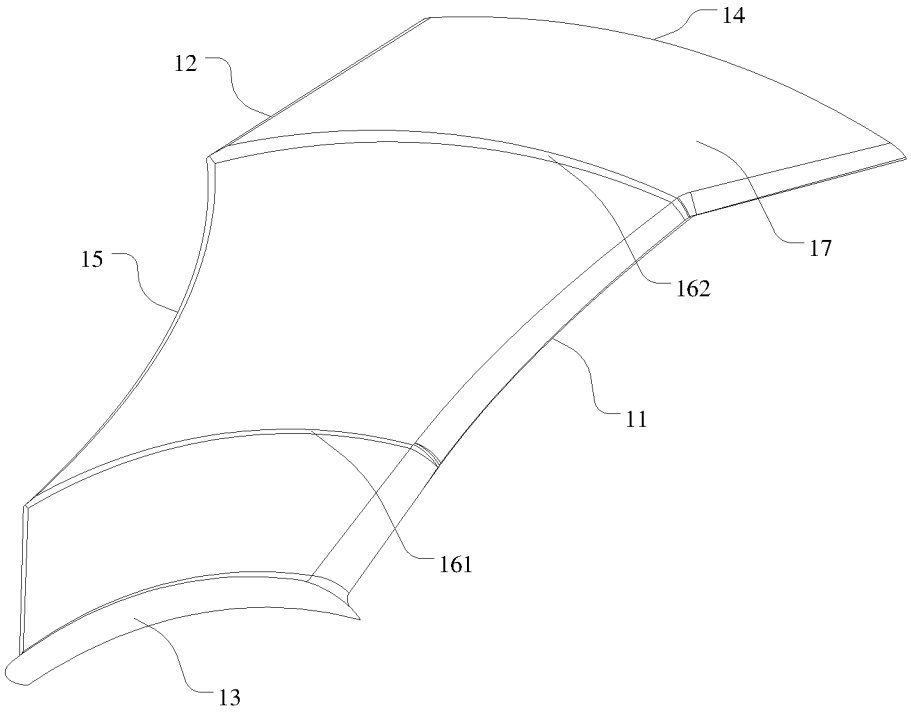


图 1

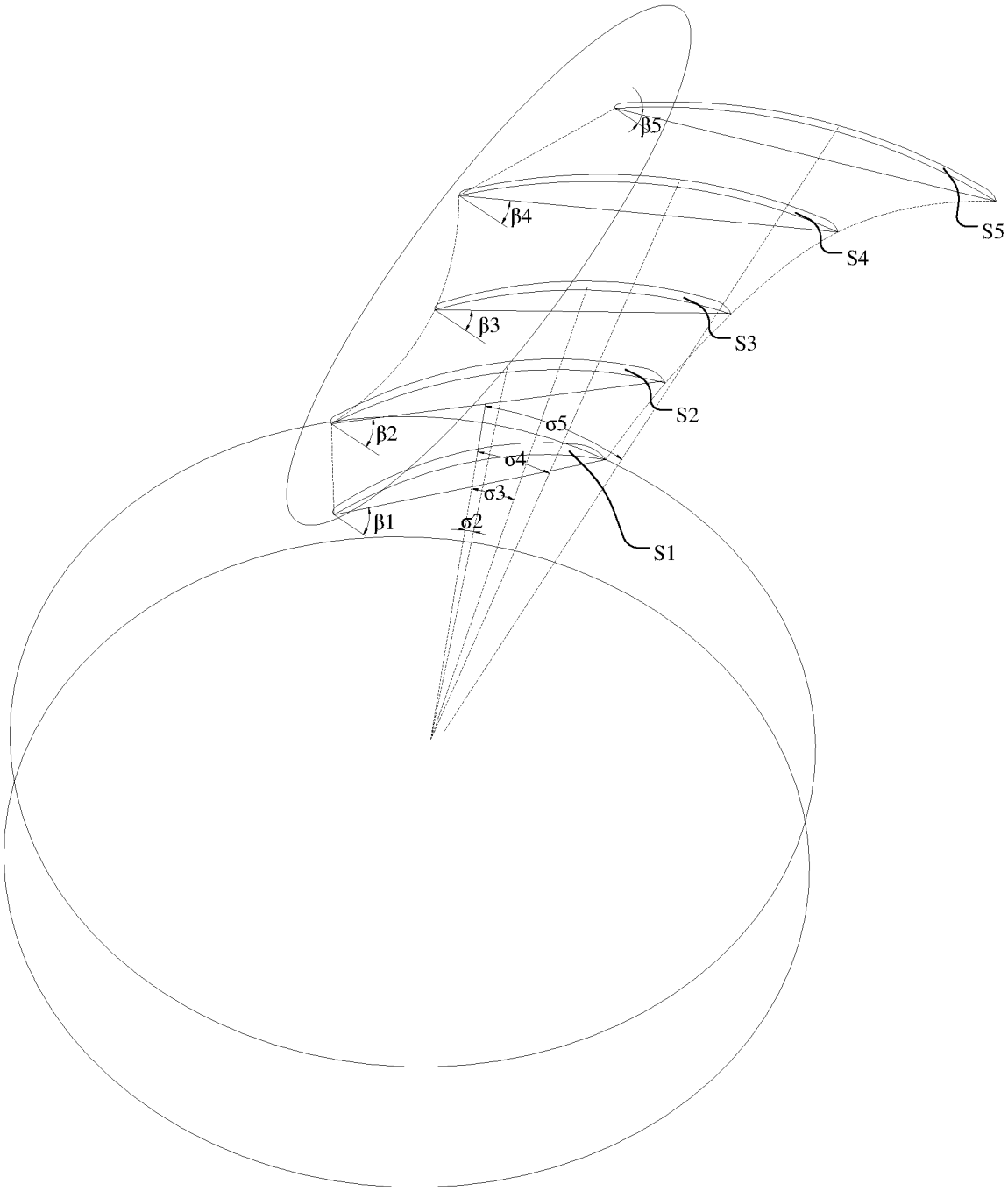


图 2

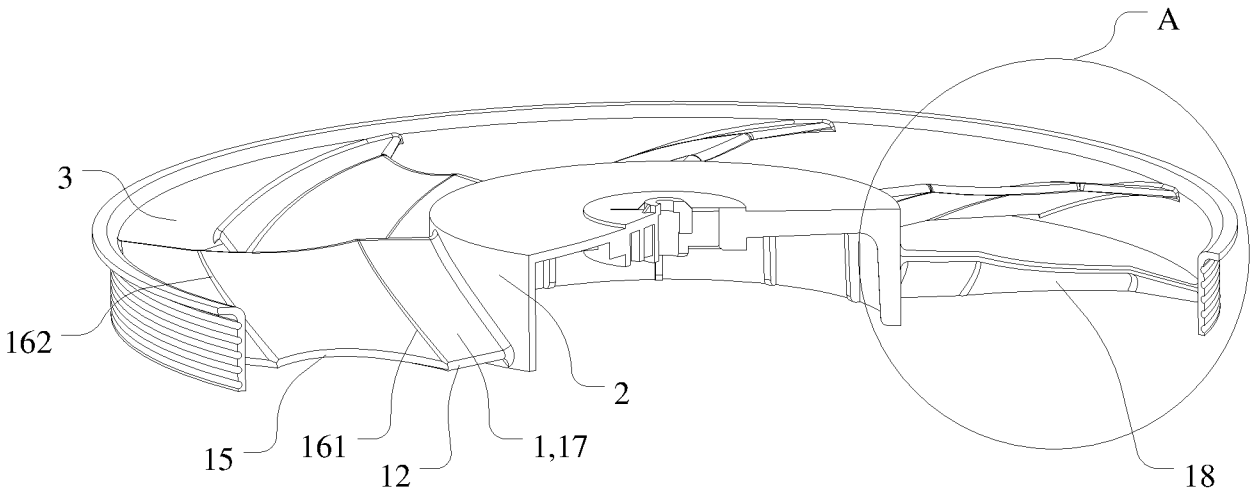


图 3

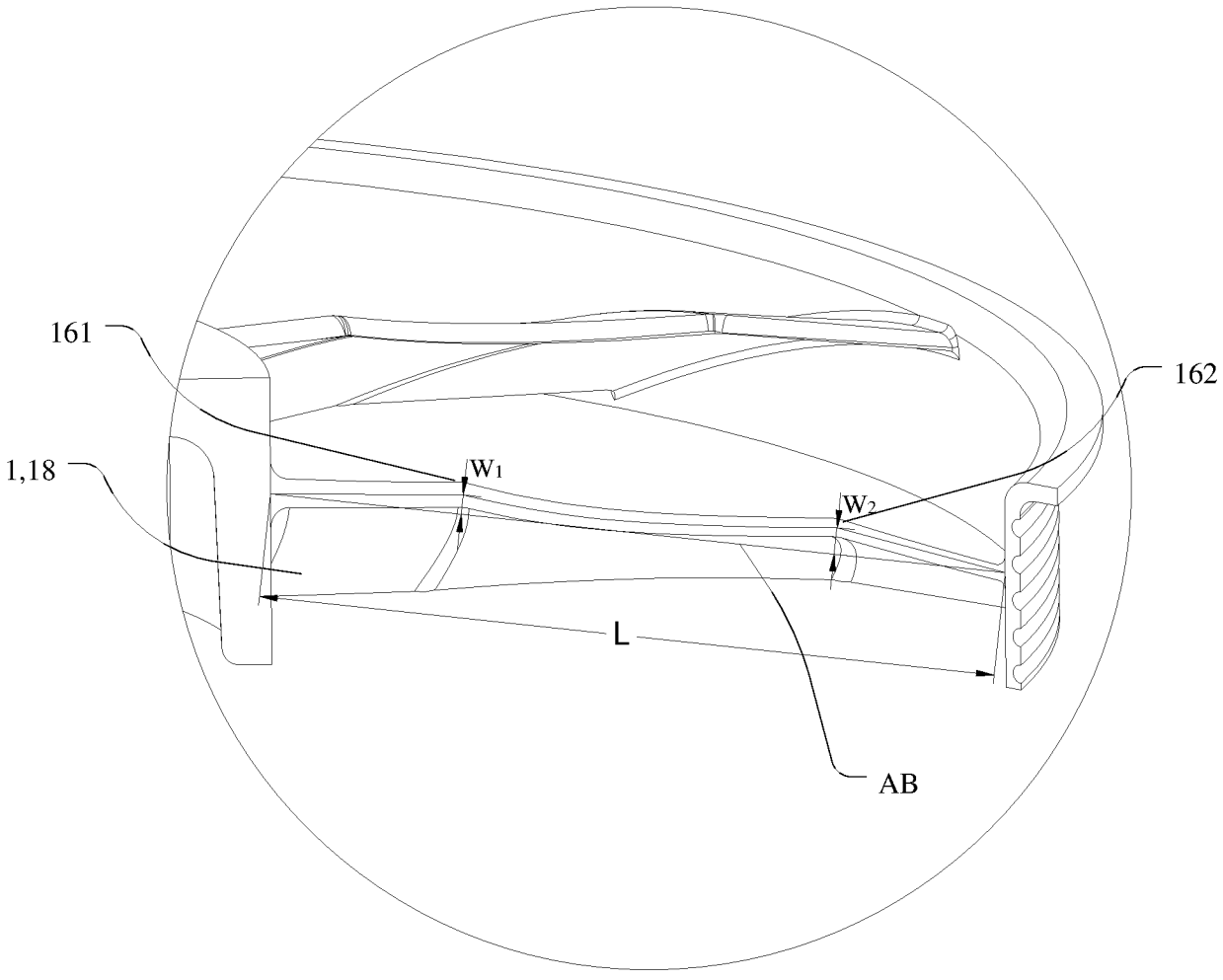


图 4

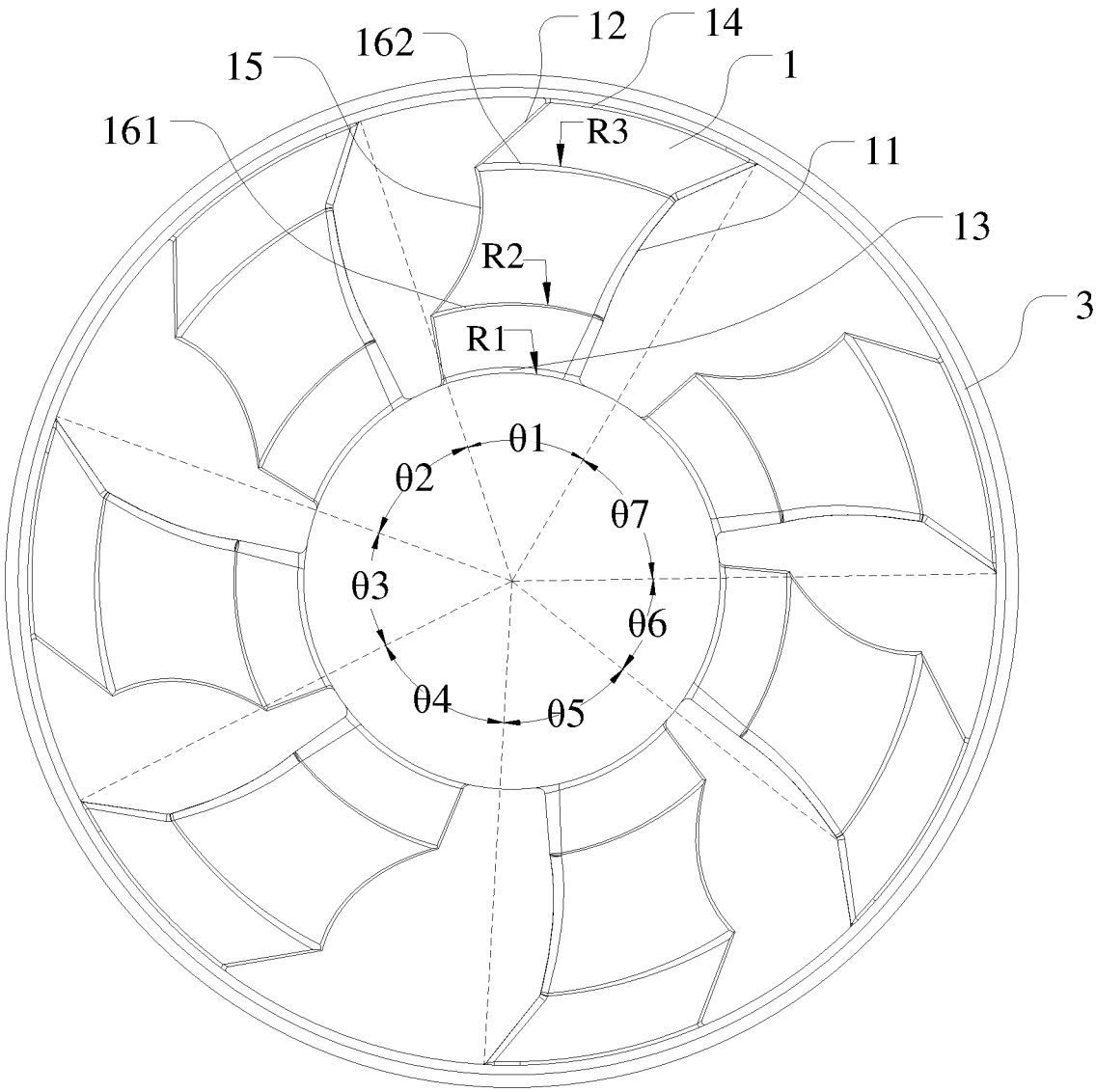


图 5

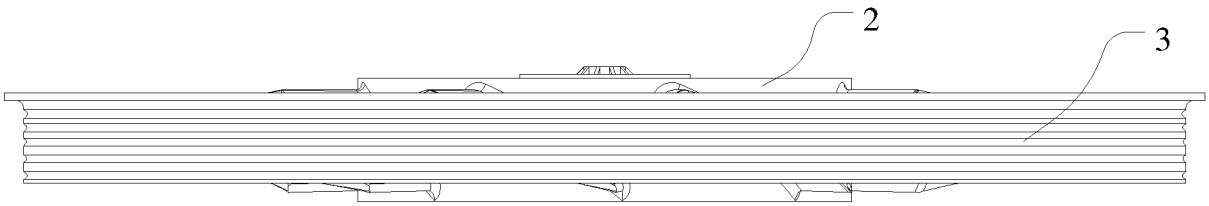


图 6

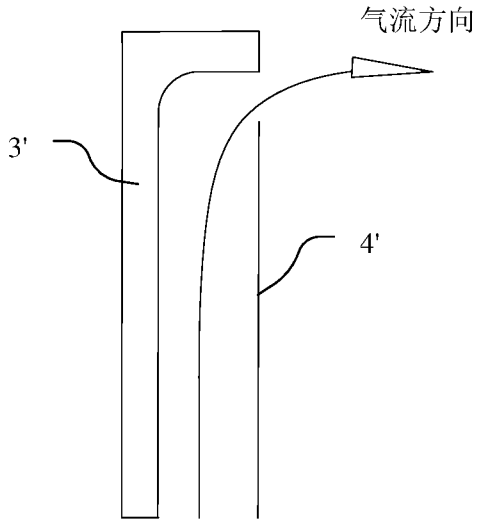


图 7

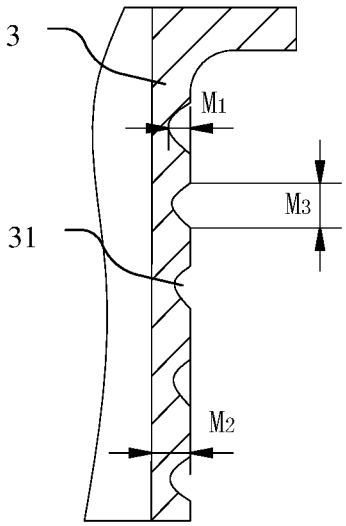


图 8

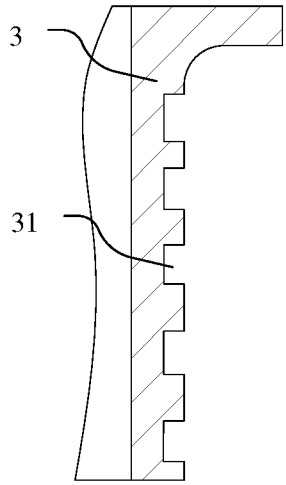


图 9

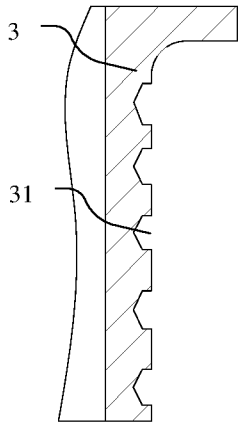


图 10

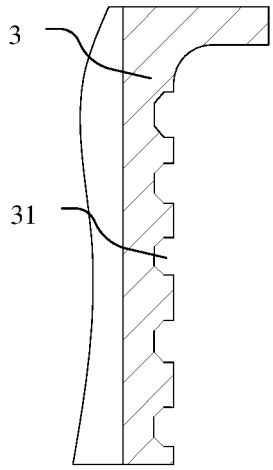


图 11

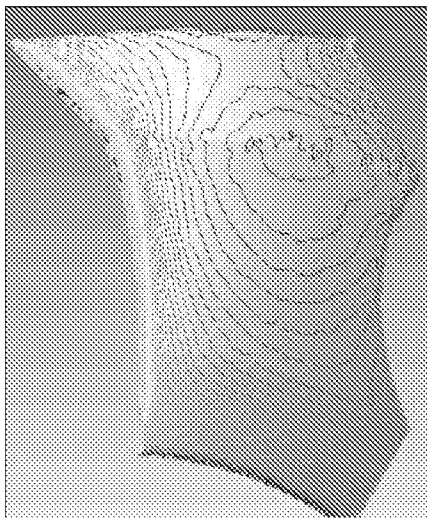


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/103960

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D 29/30 (2006.01) i; F04D 29/38 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, VEN: 叶片, 叶轮, 凸, 凹, 突, 折, 弯, blade, fold+, protrud+, concav+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101725566 A (GUANGDONG SUNWILL PRECISING PLASITC CO., LTD.) 09 June 2010 (09.06.2010), description, paragraphs [0003]-[0018], and figures 1 and 2	1-18
X	CN 201739227 U (GUANGDONG SUNWILL PRECISING PLASITC CO., LTD.) 09 February 2011 (09.02.2011), description, paragraphs [0003]-[0018], and figures 1 and 2	1-18
E	CN 206530536 U (GREE ELECTRIC APPLIANCES INC. ZHUHAI) 29 September 2017 (29.09.2017), claims 1-18	1-18
PX	CN 106640748 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES INC. ZHUHAI) 10 May 2017 (10.05.2017), claim1-18	1-18
A	CN 105240317 A (FOSHAN FUSHIBAO ELECTRICAL EQUIPMENT & TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 January 2016 (13.01.2016), entire document	1-18
A	JP 2001082383 A (SOWA DENKI SEISAKUSHO K.K.) 27 March 2001 (27.03.2001), entire document	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 November 2017	05 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer SHU, Hongning Telephone No. (86-10) 62085247

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/103960

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101725566 A	09 June 2010	None	
CN 201739227 U	09 February 2011	None	
CN 206530536 U	29 September 2017	None	
CN 106640748 A	10 May 2017	None	
CN 105240317 A	13 January 2016	JP 3204521 U	02 June 2016
JP 2001082383 A	27 March 2001	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/103960

A. 主题的分类

F04D 29/30(2006.01)i；F04D 29/38(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F04D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNABS、VEN:叶片，叶轮，凸，凹，突，折，弯，blade, fold+, protrud+, concav+

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 101725566 A (广东顺威精密塑料股份有限公司) 2010年 6月 9日 (2010-06-09) 说明书第3-18段、附图1-2	1-18
X	CN 201739227 U (广东顺威精密塑料股份有限公司) 2011年 2月 9日 (2011-02-09) 说明书第3-18段、附图1-2	1-18
E	CN 206530536 U (珠海格力电器股份有限公司) 2017年 9月 29日 (2017-09-29) 权利要求1-18	1-18
PX	CN 106640748 A (珠海格力电器股份有限公司) 2017年 5月 10日 (2017-05-10) 权利要求1-18	1-18
A	CN 105240317 A (佛山市富士宝电器科技股份有限公司) 2016年 1月 13日 (2016-01-13) 全文	1-18
A	JP 2001082383 A (SOWA DENKI SEISAKUSHO KK) 2001年 3月 27日 (2001-03-27) 全文	1-18

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2017年 11月 13日	2018年 1月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	舒红宁
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62085247

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/103960

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	101725566	A	2010年 6月 9日	无			
CN	201739227	U	2011年 2月 9日	无			
CN	206530536	U	2017年 9月 29日	无			
CN	106640748	A	2017年 5月 10日	无			
CN	105240317	A	2016年 1月 13日	JP	3204521	U	2016年 6月 2日
JP	2001082383	A	2001年 3月 27日	无			