



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116181566 B

(45) 授权公告日 2025.08.15

(21) 申请号 202310393328.3  
 (22) 申请日 2020.03.03  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 116181566 A  
 (43) 申请公布日 2023.05.30  
 (62) 分案原申请数据  
 202010138846.7 2020.03.03  
 (73) 专利权人 香港理工大学  
 地址 中国香港九龙  
 (72) 发明人 徐幼麟 詹胜  
 (74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713  
 专利代理师 卓霖 刘娟

(51) Int. Cl.  
 F03D 3/00 (2006.01)  
 F03D 3/06 (2006.01)  
 F03D 9/25 (2016.01)  
 F03D 7/06 (2006.01)  
 F03D 13/10 (2016.01)  
 F03D 80/00 (2016.01)

(56) 对比文件  
 CN 1811173 A, 2006.08.02  
 WO 2019111674 A1, 2019.06.13  
 审查员 张云芳

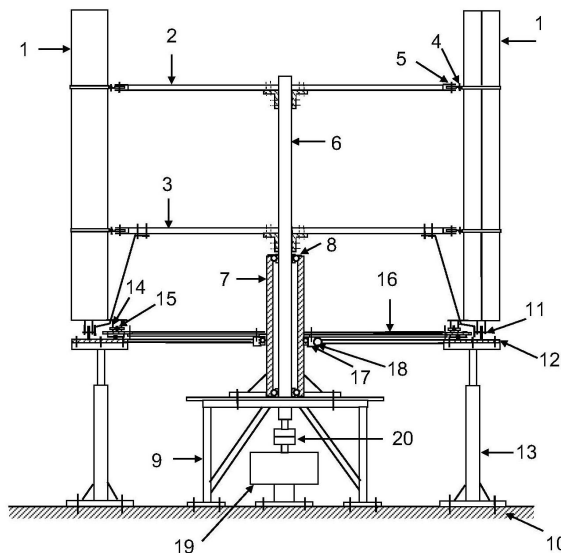
权利要求书3页 说明书7页 附图9页

(54) 发明名称

直叶片垂直轴风力发电机

(57) 摘要

本发明提供一种直叶片垂直轴风力发电机,所述风力发电机的叶片的俯仰角能够被调节,所述风力发电机包括对所述发电机的叶片的俯仰角进行调节的俯仰角控制单元,所述俯仰角控制单元包括与所述叶片形成活动连接的连接机构;以及安装在所述叶片底端的导向机构,所述导向机构包括设置在所述叶片下方的控制环和控制轨道,所述控制环和控制轨道配合使得当所述叶片旋转时所述叶片的俯仰角能够被改变,其中,所述控制轨道为具有变化的极径的环形轨道;以及对风向控制单元和叶片承重单元。



1. 一种对风力发电机的叶片进行调节的控制装置,所述叶片能够在风力的作用下以一定俯仰角绕所述风力发电机的主轴线进行转动,所述控制装置包括:

控制杆,被配置为能够牵引所述叶片从而改变所述叶片的俯仰角;

控制环,被配置为对所述叶片相对于入流风的俯仰角进行调节,所述控制环通过控制杆与所述叶片的尾部连接,所述控制环被配置为能够根据基于入流风而计算出的偏转角度以所述主轴线为中心转动,从而使所述控制环的方向与入流风的方向一致;以及

控制轨道,固定在所述控制环上,所述控制杆能够沿着所述控制轨道运动,以改变所述叶片的俯仰角,

其中,所述控制轨道为具有变化极径的环形轨道,

其中,所述控制杆的一端安装在所述叶片的尾部,另一端安装在所述控制轨道上,当所述控制杆沿所述控制轨道运行时,使得所述叶片的尾部左右摆动以改变所述俯仰角,其中,所述叶片与叶片支撑结构之间活动连接,从而允许所述叶片旋转并允许其俯仰角被调节,并且

其中,在所述叶片的底部下设置有滚动件,滚动件在被固定在地面上的滚动件配合件上滚动,使所述叶片能围绕主轴转动。

2. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,

所述控制轨道具有两侧相对设置的轨道墙和所述轨道墙之间的轨道底面。

3. 根据权利要求2所述的控制装置,其中,所述控制杆的所述另一端设置有导轮,所述导轮夹在所述控制轨道的轨道墙之间在所述轨道底面上运动,使得所述叶片的俯仰角能够被改变。

4. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,所述控制环由金属制成,并且所述控制轨道为焊接在所述控制环上的环形轨道。

5. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,所述控制环由步进电机驱动。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的控制装置,其中,所述控制环底部设置有轴承,并且所述叶片底部设置有轮,使得所述控制环和所述叶片能够在同一平面上转动。

7. 根据权利要求1-5中任一项所述的控制装置,其中,所述偏转角度是根据实时测得的由入流风带来并且由叶片所承受的作用力而计算所得。

8. 一种用于对风力发电机的叶片进行控制的对风向控制装置,所述叶片围绕所述风力发电机的主轴线转动,所述对风向控制装置包括:

俯仰角控制单元,被配置为对风力发电机的叶片的俯仰角进行调节,所述俯仰角单元包括:

控制环,所述控制环被配置为能够根据基于入流风而计算出的偏转角度围绕所述主轴线旋转,以使得所述控制环的方向与入流风的方向一致;以及

控制轨道,固定在所述控制环上并经由控制杆与所述叶片连接,以使得通过所述控制环和控制轨道的配合而改变所述叶片的俯仰角,传感器,被配置为测量入流风的风速风向,并输出测量结果;

处理器,被配置为对基于所述传感器输出的测量结果的数据进行分析,确定所测量的入流风的风向与控制环的位置之间的差,并计算出所述控制环需要转动的角度和方向,

其中,所述控制杆的一端安装在所述叶片的尾部,另一端安装在所述控制轨道上,当所

述控制杆沿所述控制轨道运行时,使得所述叶片的尾部左右摆动以改变所述俯仰角,其中,所述叶片与叶片支撑结构之间活动连接,从而允许所述叶片旋转并允许其俯仰角被调节,并且

其中,在所述叶片的底部下设置有滚动件,滚动件在被固定在地面上的滚动件配合件上滚动,使所述叶片能围绕主轴转动。

9.根据权利要求8所述的对风向控制装置,还包括驱动器,被配置为驱动所述控制环以按照所述需要转动的角度和方向进行转动。

10.根据权利要求8所述的对风向控制装置,其中,所述控制轨道的形状是具有变化极径的环形。

11.根据权利要求8所述的对风向控制装置,其中,所述叶片支撑结构包括上支撑臂和下支撑臂,分别与所述叶片的上部和下部活动连接,以使叶片在转动过程中能够绕连接点转动,从而实现对俯仰角的调节。

12.根据权利要求11所述的对风向控制装置,其中,调节后的俯仰角通过以下方式确定:

A点为下支撑臂与叶片的连接点;B点为俯仰角调节之前的控制杆端点的位置,B'为俯仰角调节之后的控制杆端点的位置,B'为所述控制轨道上的一个点,B'的位置(x,y)由以下式子(1)至(5)计算得出,

其中:

$\alpha$ : $\beta=0$ 时,控制杆端B点与转动点A的连线AB与过A点垂直于OA的直线AD的夹角,而OA是下支撑臂;

$\beta$ :叶片的俯仰角;

$\gamma$ : $\beta$ 改变后,原控制杆端B点移位到B', $\gamma$ 就是连线OB'与OA的夹角;

$\theta$ 是下支撑臂的方位角;

$\varphi$ 是连线OB'与座标轴ox的夹角;

A点为下支撑臂与叶片的连接点;B点为 $\beta=0$ 时的控制杆端点的位置;

$$AB = AB' = L = \sqrt{(Ab)^2 + (Bb)^2}$$

$$\alpha = \angle BAD = \tan^{-1}\left(\frac{Bb}{Ab}\right)$$

$$OB = \sqrt{(OA)^2 + L^2 - 2(OA)L \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}$$

当 $\beta=0$ 时

$$\angle OAB' = \frac{\pi}{2} - \alpha + \beta \quad (1)$$

$$\rho = OB' = \sqrt{(OA)^2 + L^2 - 2(OA)L \cos(\angle OAB')} \quad (2)$$

$$\gamma = \cos^{-1} \left( \frac{(OA)^2 + (OB')^2 - L^2}{2(OA)(OB')} \right) \quad (3)$$

$$\varphi = \theta - \gamma \quad (4)$$

或

$$x = \rho \cos \varphi \quad (5)$$

$$y = \rho \sin \varphi$$

## 直叶片垂直轴风力发电机

[0001] 本申请是申请号为202010138846.7、申请日为2020年3月3日、发明名称为“直叶片垂直轴风力发电机”的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种风力发电机,尤其是一种直叶片垂直轴风力发电机。

### 背景技术

[0003] 近些年来,水平轴风力机(HAWT)由于其技术成熟在世界范围内得到了广泛应用并获得了商业上的成功。但是,由于对高能量生产的需求增加,呈现了进一步增加HAWT的尺寸和重量的趋势,这导致了很多挑战性的问题。例如,悬臂叶片根部的高弯矩,塔柱基底处的高倾覆力矩,难以忍受的噪声以及昂贵的维护成本。同时,垂直轴风力机(VAWT)由于具有对风向不敏感、易于安装、低维护费用以及低空气动力噪音这些优点,近年来越来越引起了人们的注意。但是,固定俯仰的直叶片垂直轴风力机(SBVAWT)由于其旋转模式使叶片风攻角经历持续变化,这导致了低能量产生和低自启能力。而且,叶片的悬臂支撑也限制了目前的SBVAWT的尺寸。

### 发明内容

[0004] 鉴于现有技术中的上述问题,为解决上述这些问题的全部或至少一者,提出了本发明,本发明第一方面的技术方案提供了一种直叶片垂直轴风力发电机,所述风力发电机的叶片的俯仰角能够被调节,所述风力发电机包括对所述发电机的叶片的俯仰角进行调节的俯仰角控制单元,

[0005] 所述俯仰角控制单元包括:与所述叶片形成活动连接的连接机构;以及安装在所述叶片底端的导向机构,所述导向机构包括设置在所述叶片下方的控制环和控制轨道,所述控制环和控制轨道配合使得当所述叶片旋转时所述叶片的俯仰角能够被改变,其中,所述控制轨道为具有变化极径的环形轨道。

[0006] 优选地,所述连接机构包括:与所述叶片的上端形成活动连接的第一连接件;以及与所述叶片的下端形成活动连接的第二连接件,其中,所述第一连接件与所述叶片的上端的活动连接并且所述第二连接件与所述叶片的下端的活动连接使得所述叶片能够旋转并允许所述叶片的俯仰角被调节。

[0007] 优选地,所述第一连接件和所述第二连接件分别包括轴承和连接板。

[0008] 优选地,所述控制环的形状为盘状,并且,所述控制轨道固定在所述控制环上,并且具有矩形截面。

[0009] 优选地,所述导向机构还包括控制杆,所述控制杆的一端安装在所述叶片底端尾部,另一端安装在所述控制轨道上,当所述控制杆沿所述控制轨道运行时,使得所述叶片的尾部绕叶片与连接件(支撑臂)之间的活动连接点左右摆动,以改变所述俯仰角。

[0010] 优选地,控制杆的所述另一端安装有导轮,所述导轮夹在所述控制轨道的两侧,以

在所述控制轨道上运行。

[0011] 优选地,风力发电机还包括对所述叶片进行支撑的叶片支撑单元,所述叶片支撑单元包括主支撑机构,所述主支撑机构设置在风力发电机的主轴外部,并且被固定到建造在地面上的基座上。

[0012] 优选地,所述主轴通过多个滚动轴承设置在主支撑结构上,并且被所述多个滚动轴承支撑。

[0013] 优选地,所述叶片支撑单元还包括叶片支撑机构,所述叶片支撑机构的一端固定到所述风力发电机的主轴上,另一端经由所述连接机构与所述叶片形成所述活动连接。

[0014] 优选地,叶片支撑单元还包括滚动件和滚动件配合件,所述滚动件设置在所述叶片的底端,滚动件配合件设置在地面之上,所述滚动件在滚动件配合件上滚动以实现所述叶片的旋转。

[0015] 优选地,所述俯仰角控制单元还包括定向构件,所述定向构件的一端与所述滚动件的安装座连接,所述定向构件的另一端与所述叶片支撑单元所包括的叶片支撑结构连接。

[0016] 优选地,所述风力发电机还包括对风向控制单元,所述对风向控制单元被构造为能够针对入流风的角度来将所述控制环旋转至与所述入流风相对应的位置。

[0017] 优选地,对风向控制单元包括感测机构、处理器和驱动机构,其中,

[0018] 所述感测单元对入流风的角度进行感测,所述处理器根据所述入流风的角度计算出所述控制环要被旋转的旋转角度,并且,所述驱动机构驱动所述控制环旋转所计算出的旋转角度。

[0019] 通过本发明第一方面的技术方案,实现了方便快捷地对风力发电机的叶片的俯仰角进行调节,改善了能量生成效率,并且,叶片的重量由地面承受,能够使得叶片的支撑臂的尺寸变小来减小空气阻力,同时实现较大的风机直径,增大风力机的受风面积,使风力机输出功率增大。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例,对于本领域或普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1例示了根据本发明的直叶片垂直轴风力发电机结构图。

[0022] 图2例示了根据本发明的直叶片垂直轴风力发电机的叶片排布示意图。

[0023] 图3(a)和3(b)例示了根据本发明的连接机构的结构图。

[0024] 图3(c)和3(d)例示了根据本发明的连接机构的另一结构图。

[0025] 图4例示了根据本发明的导向机构和叶片俯仰角调节机构的示意图。

[0026] 图5例示了根据本发明的直叶片风力发电机的部分部件的俯视图。

[0027] 图6例示了根据本发明的对风向控制单元的结构示意图。

[0028] 图7例示了根据本发明的进行定向控制前后的状态图。

[0029] 图8例示了根据本发明的俯仰角计算的示意图。

## 具体实施方式

[0030] 在下文中将参照附图详细地描述本发明的实施例。应当理解,下述实施例并不意图限制本发明,并且,关于根据本发明的解决问题的手段,并不一定需要根据下述实施例描述的各方面的全部组合。为简化起见,对相同的结构部分或者步骤,使用了相同的标记或标号,并且省略其说明。

[0031] [第一实施例]

[0032] [直叶片垂直轴风力发电机的结构]

[0033] 本发明的直叶片垂直轴风力发电机包括俯仰角控制单元、叶片支撑承重单元和对风向控制单元。以下将分别对这些单元进行说明。请注意,本发明的发电机并不是必须同时具备以上三个单元,而是可以具备以上单元中的一个或多个。

[0034] 下面参照图1描述本发明的发电机的整体构造,其中各部件分别对应:1直叶片;2上支撑臂;3下支撑臂;4连接板;5轴承;6主轴;7主支撑管;8滚动轴承;9钢架;10地面;11钢轮;12钢环;13柱;14导向轮;15控制轨道;16控制环;17蜗杆蜗轮;18控制系统;19发电机;20弹性联轴节;21上外箍;22上连接板;23下外箍;24下连接板;25步进电机;26定向杆;27控制杆;28平面轴承;29球面轴承;30控制环与蜗轮的连杆;31蜗轮;32第一驱动轴承;33蜗杆;34第二驱动轴承;35固定底板;36驱动器;37风速计;38A/D;39计算机;40D/A;41控制环方向;42转动主轴线。

[0035] [俯仰角控制单元]

[0036] 以下首先说明本发明的俯仰角控制单元。俯仰角控制单元包括连接机构和导向机构。

[0037] 参见图1,连接机构实现叶片(本发明中以直叶片1为例)与风机的上支撑臂2之间的活动连接,和(或)叶片1与风机的下支撑臂3之间的活动连接,该活动连接例如可以是销连接。具体来说,通过连接到直叶片1上端/下端的轴承来实现直叶片1与其他部件,例如上支撑臂2和下支撑臂3之间的连接。其中,可以将连接板4的位置设置为最小应力位置。例如,为了减小由离心力和气动力导致的叶片的弯曲应力,根据力学计算,可以求出叶片上最大应力点处于最小值时的连接安装高度位置,这个位置就是叶片和支撑臂之间的销连接的位置。从叶片的横截面来看,这个位置可以在叶片离心力中心和气动力中心之间。

[0038] 其中,叶片的个数可以为多个,如3个或更多,叶片的排布方式可以是单行排布,也可以是多行排布或其他排布方式。以下为了说明方便,本发明采用如图2中的叶片分布结构来说明本发明,其包括单行排布的三个叶片,三个叶片间隔120度均匀分布。

[0039] 本发明中的连接机构例如包括:轴承、连接板和外箍等,以实现叶片与上支撑臂和下支撑臂之间的连接。其中,叶片与上支撑臂的连接关系以图3(a)和3(b)为例来说明,请注意图3(a)和3(b)所示的连接关系仅为示例,除了其所示的方式外,本发明还可以采用其它连接方式。上支撑臂2通过轴承5与直叶片1的上端连接。其中,轴承5例如可以是调心球轴承,上支撑臂2通过球轴承固定到上连接板22上,上连接板22固定到上外箍21上,其固定方式例如可以是焊接。上外箍21设置在叶片1上部的外围,其能够经由轴承实现叶片1与上支撑臂2的连接。

[0040] 叶片与下支撑臂的连接以图3(c)和3(d)来说明,请注意图中所示的连接关系仅为示例,除了该图所示的方式外,本发明还可以采用其它连接方式。下支撑臂3通过轴承(例如

球轴承)与直叶片1的下部连接点相连,这样可以保证叶片在运转过程中,能够绕连接点转动,实现改变俯仰角的目的。下支撑臂3通过球轴承固定到下连接板24上,下连接板24固定到下外箍23上,其固定方式例如可以是焊接。下外箍23设置在叶片1上部的外围,其能够经由实现叶片1与下支撑臂3的连接。

[0041] 如图3(a)-3(d)所示,上支撑臂2和下支撑臂3分别经由轴承和连接板与直叶片1的上端/下端实现活动连接,从而使得允许所述叶片1旋转并允许其俯仰角被调节。

[0042] 本发明的俯仰角控制单元还可以包括导向机构,导向机构可以对叶片进行导向,以实现使叶片以预定的俯仰角来围绕主轴旋转。图4例示了根据本发明的导向机构的结构图(导向轮14与控制环16上的控制轨道15配合的结构图)。同时,也示出了根据本发明的叶片俯仰角调节的原理(钢轮11、承重钢环12、控制轨道15等部件)。以下先参照图4和图5来说本本发明的导向机构,导向机构例如可以包括设置在叶片1的下方的控制环、控制轨道以及控制杆。其中,控制环16的示例包括由诸如钢的金属制成的圆形钢环,控制轨道15可以是具有矩形截面的金属环,其被焊接在控制环上,控制轨道的示例包括诸如由钢的金属制成的环形轨道,环形轨道焊接在控制环16上。导向机构对叶片俯仰角进行导向的方式例如可以为:风力机在风作用下产生绕转动主轴线42转动,叶片1也随之运转,固定安装在叶片1底端尾部的控制杆27同时跟随转动,控制杆27的另一端B安装有两个轴承导轮,夹在环形轨道墙两侧,由于控制轨道不是一个圆,它的极径是变化的,这样,控制杆的B端沿轨道运行时就会把叶片1尾部向里拉或向外推,使叶片1绕A点(5,轴承)转动,从而改变叶片的俯仰角。或者说,当控制杆27沿着控制轨道15运行时,叶片1的尾部会绕着叶片1与下支撑臂之间的活动连接点左右摆动,从而改变俯仰角。如图4所示,步进电机25与蜗杆涡轮17连接,步进电机25带动蜗杆涡轮17,蜗杆涡轮17牵引图4和图5所示的四条连接蜗轮与控制环的连杆30,使得控制环16以风力机主轴线为中心,沿着承重环12旋转,从而使控制环方向与风的方向一致,见图7。

[0043] 另外,本发明的俯仰角控制单元还可以包括定向构件,见图3c,其能够辅助使承重钢轮转动时沿切线方向运行,即定向作用。定向构件的示例为定向杆26,其一端与钢轮11的轴座固定连接,另一端与下支撑臂3固定连接。俯仰角的改变的过程可以参考图4来描述,在叶片1的底部处安装有导向轮14。在控制环16上安装了特殊设计的轨道,即控制轨道15。该控制轨道15是根据俯仰角,尤其是优化的俯仰角而设计的,而优化的俯仰角是根据实时测得的叶片1所承受的由入流风带来的作用力(例如,切向力和/或法向力),按改进的叶素理论优化出来的,其具体的设计将在后文中详细描述。控制环16能够围绕主支撑管7旋转,并且其通过多个轴承设置于承重钢环12上,使得控制环16能够相对于地转动。导向轮14沿着控制轨道15移动,使得当直叶片1旋转时叶片的俯仰角能够被改变。

[0044] 下面结合图4对俯仰角调节进行示例性说明。本文中俯仰角定义为为叶片转动时其弦线与切线的夹角。图5所示的叶片的状态为俯仰角处于调整的状态。叶片1由控制杆牵引,从而使俯仰角发生变化。其中,控制杆的一端与叶片1的底端尾部连接,另一端与控制轨道15连接。

[0045] 图5示出了叶片1的俯仰角被改变时的状态图,当叶片1的俯仰角被调节时,叶片沿附图5中的最外侧环的切线方向与叶片弦线的夹角发生改变,这就是俯仰角的调节。

[0046] 以上为本发明的叶片俯仰角控制单元的示例,其意在解释而不是限制,根据本发

明的叶片俯仰角控制单元,实现了叶片的最优俯仰角调节,从而改善了能量生成的效率。

[0047] [叶片支撑单元]

[0048] 本发明的风力发电机包括支撑单元,其包括:主支撑机构和叶片支撑机构。

[0049] 主支撑结构设置在风力发电机的主轴6外部,并且被固定到建造在地面上的基座上,该基座可以是由钢制成的坚固钢架9,或者诸如水泥固定座或其它形式的底座。主支撑机构可以为架或者管的构造,其为叶片1等提供支撑,此处主支撑结构的示例为主支撑管7。

[0050] 风力发电机具有主轴6,如图1所示,主轴6通过多个诸如滚动轴承8的滚动件设置在轴6外部的主支撑管7上,主轴6由滚动轴承8支撑。主支撑管7被固定到建造在地面10上的基座上。基座可以是由金属或者其他坚固材质制成,本文中以基座由金属制成为例,其具体示例为钢架9。用于将从风能转换而来的动能转换为电能的发电机19连接到主轴6(例如通过弹性联轴节)并且被安装在钢架9的内部。

[0051] 叶片支撑机构包括上支撑臂2和下支撑臂3,上支撑臂2和下支撑臂3的一端分别固定到主轴6上,另一端分别与叶片1形成活动连接,该活动连接可以通过本发明前文中所述的连接机构实现。

[0052] 所述叶片支撑机构还包括滚动件和滚动件配合件。滚动件配合件可以为叶片1提供以主轴6为中心的转动的轨道。滚动件设置在叶片的底端,滚动件配合件上设置在地面之上,滚动件在滚动件配合件上滚动使叶片1能围绕主轴6的转动。

[0053] 滚动件的示例包括但不限于承重轮,该承重轮可以是内嵌轴承的球面钢轮11,滚动件配合件的示例包括但不限于坚固的承重钢环12,该钢环12可以是以主轴6为中心的环形轨道,球面钢轮11安装在各个叶片1的底部之下,坚固钢环12通过诸如支撑柱13的支撑部件固定在地面10之上,球面钢轮11在钢环12的轨道上滚动。通过这种方式,可以使叶片1的重量通过钢环和一系列柱,由地面支撑,从而使得上支撑臂2和下支撑臂3的尺寸能够变小以减小空气阻力,同时由于其自支撑布置,风机的直径可以做得很大,风力机的受风面积可大大增加,因而风力发电机的输出功率也获得大大增加。

[0054] [对风向控制单元]

[0055] 对风向控制单元能够针对入流风的角度来进行控制以将控制环旋转到对应位置。由于入流风的角度会随着天气、季节等因素而改变,而固定俯仰角的叶片不能随风向的改变而变换俯仰角,这将导致能量产生效率低下,甚至导致风力发电机不能自启。而本发明中的对风向控制单元能够针对入流风的角度来调节控制环,从而能够针对各个方位角来实现最优俯仰角,并且改善能量产生。对风向控制单元可以包括感测机构、处理器和驱动机构。感测机构可以包括传感器,处理器可以包括计算机,并且驱动机构可以包括驱动电机。以下参照图来说明对风向控制单元的示例。

[0056] 如图6所示,对风向控制单元可以包括:风速风向传感器37、A/D转换器38、计算机39、D/A转换器40、步进电机驱动器36、步进电机25和蜗杆蜗轮17。

[0057] 其中,风速风向传感器测量风速风向,并将测量结果输出为模拟电压信号,送到A/D转换器。A/D转换器将模拟电压信号转变为数字信号,将其输出到处理器(例如计算机39)。处理器对输入的数据进行分析,确定所测量到的风向与当时控制环的位置之间的差别,并计算出控制环需转动的角度和转动方向,其中,控制环的方向可以以控制环的偏离角度来标识,例如,当控制环方向的轴线朝向正北的时候,控制环方向的角度为 $0^{\circ}$ ,而当控制环方

向的轴线朝向西偏转角度 $\alpha$ 度时,控制环的方向为 $-\alpha$ 度,当控制循环的中心轴线朝向东偏转 $\alpha$ 度时,控制环的方向为 $-\alpha$ 度或 $360^\circ - \alpha$ 度。

[0058] 然后处理器将所计算出的转动方向和角度的数值到D/A转换器。经D/A转换器转换成模拟电压信号,输出到驱动器,步进电机立即按要求的转向转过所要求的角度,从而带动蜗杆涡轮转动,最后使与涡轮相连接的控制环转到预定位置。当控制环处于该预定位置时,入流风的风向与控制环的方向一致。在该位置处所述风力发电机能够自启且吸收风能的效率高。如图7所示,在对风向控制之前,控制环16的方向例如为向北,而入流风与正北向之间的夹角为 $\alpha$ 。然后对风向控制单元确定控制环要转动的方向,并使控制环旋转角度 $\alpha$ ,从而使风向与控制环的方向一致。

[0059] 具体来说,参见图2、5和6,控制环16上安装了特殊设计的控制轨道,该轨道是根据俯仰角而设计的,而俯仰角是根据实测的叶片上的力,按改进的叶素理论优化出来的。控制环16能够围绕主支撑管7旋转,并且控制环16通过多个轴承(未示出)设置于钢环12上,使得控制环16能够相对于地转动。导向轮14沿着控制轨道15滚动,使得当叶片1旋转时叶片的俯仰角能够改变。控制轨道15的形状是具有变化极径的环形,其性状可以根据给定的最优俯仰角来设计的,使得每个方位角都能实现最优俯仰角,并且改善能量产生。由于控制导轨遵循相对于入流风的特定参考方向,所以控制系统被设计为将其实现以针对给定风向,通过涡轮传动装置将控制环16旋转给到给定位置。该给定位置使得风机实现良好的自启性能和较大的功率输出。

[0060] 控制轨道的设计可以结合图8来示例性说明,图8中从俯视方向标识出了叶片1以及各个角度。其中,A点为下支撑臂与叶片的连接点;B点为俯仰角调节之前的控制杆端点的位置,B'为俯仰角调节之后的控制杆端点的位置,其为控制叶片俯仰角的轨道上的一个点,它的位置(坐标值 $x, y$ )由式子(1)至(5)算出,参数中包含了叶片俯仰角 $\beta$ ,位置B'与俯仰角 $\beta$ 是一一对应的,也可反过来说,控制轨道上的点B'控制着叶片的俯仰角 $\beta$ 。

[0061] 以下结合计算式(1)-(5)来说明控制轨道设计的计算过程。当风力机的转子半径R及其他有关构件参数选定后,就可以根据所要求的最优化俯仰角 $\beta$ ,按给出的计算式,设计出控制轨道。最优化俯仰角是随方位角而变化的,不同的位置,有不同的俯仰角。

[0062] 图8中的各个参数分别代表:

[0063]  $\alpha$ :  $\beta=0$ 时,控制杆端B点与转动点A的连线AB与过A点垂直于OA的直线AD的夹角,而OA是下支撑臂。

[0064]  $\beta$ : 叶片的俯仰角

[0065]  $\gamma$ :  $\beta$ 改变后,原控制杆端B点移位到B',  $\gamma$ 就是连线OB'与OA的夹角。

[0066]  $\theta$ 是下支撑臂的方位角。

[0067]  $\Phi$ 是连线OB'与座标轴ox的夹角。

[0068] A点为下支撑臂与叶片的连接点;B点为 $\beta=0$ 时的控制杆端点的位置。以下为以风力机转子半径 $R=1000\text{mm}$ ,  $OA=R-64=1000-64=936(\text{mm})$ ,  $Ab=150(\text{mm})$ ,  $Bb=50(\text{mm})$ 为例,来计算俯仰角 $\beta$ ,此时例如俯仰角 $\beta<0$ 。

[0069] 
$$AB = AB' = L = \sqrt{(Ab)^2 + (Bb)^2} = \sqrt{150^2 + 50^2} = 158.11 (\text{mm})$$

$$[0070] \quad \alpha = \angle BAD = \tan^{-1}\left(\frac{Bb}{Ab}\right) = 18.43^\circ$$

$$[0071] \quad OB = \sqrt{(OA)^2 + L^2 - 2(OA)L \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)} = 898.61 \text{ (mm)}$$

[0072] 当 $\beta=0$ 时

$$[0073] \quad \angle OAB' = \frac{\pi}{2} - \alpha + \beta \quad (1)$$

$$[0074] \quad \rho = OB' = \sqrt{(OA)^2 + L^2 - 2(OA)L \cos(\angle OAB')} \quad (2)$$

$$[0075] \quad \gamma = \cos^{-1}\left(\frac{(OA)^2 + (OB')^2 - L^2}{2(OA)(OB')}\right) \quad (3)$$

$$[0076] \quad \varphi = \theta - \gamma \quad (4)$$

[0077] 或

$$[0078] \quad x = \rho \cos \varphi \quad (5)$$

$$[0079] \quad y = \rho \sin \varphi$$

[0080] 对于其他的俯仰角, 计算式(2), (3), (4), (5)是相同的。

[0081] 以上虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述, 但是上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点, 并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所做的任何等效变型或修改, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。

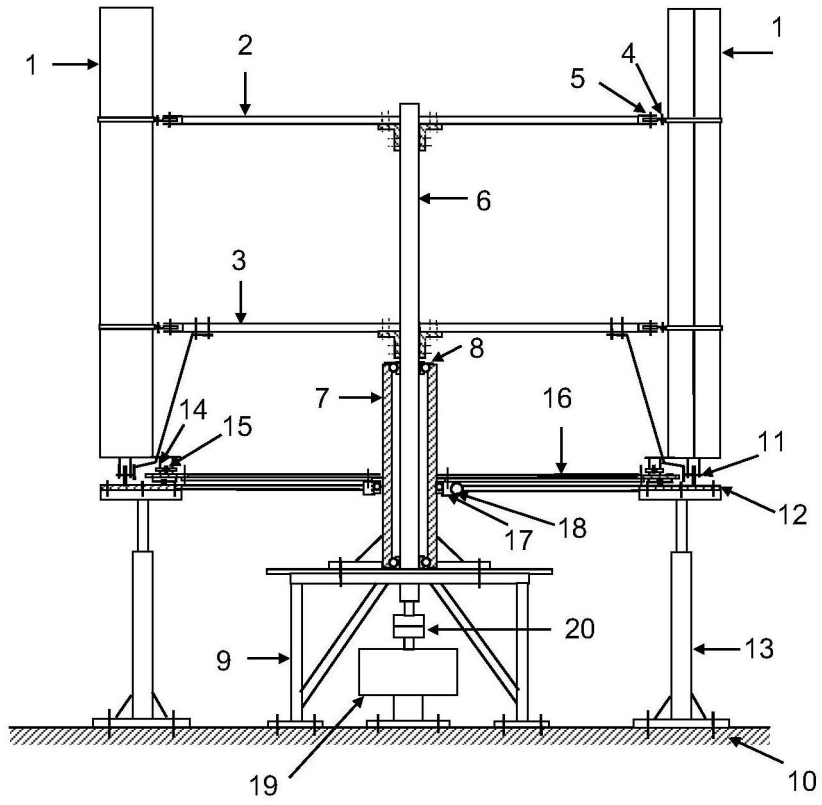


图1

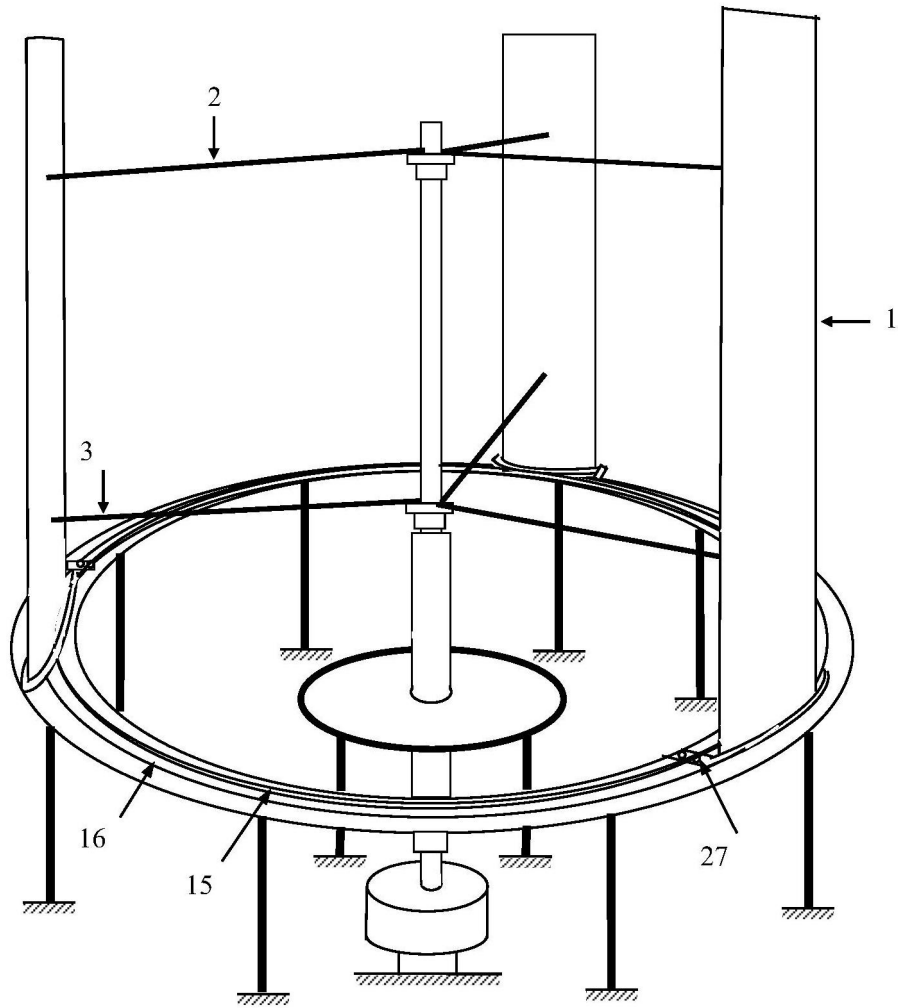


图2

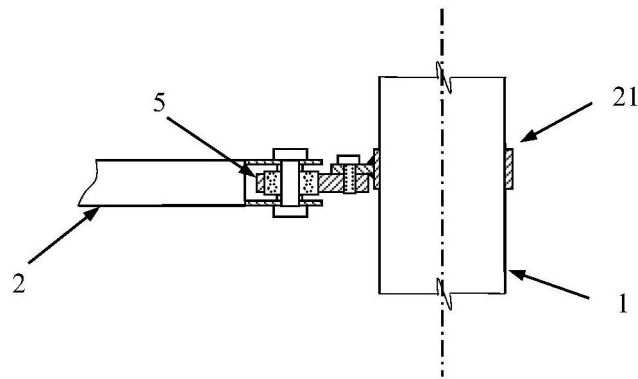


图3(a)

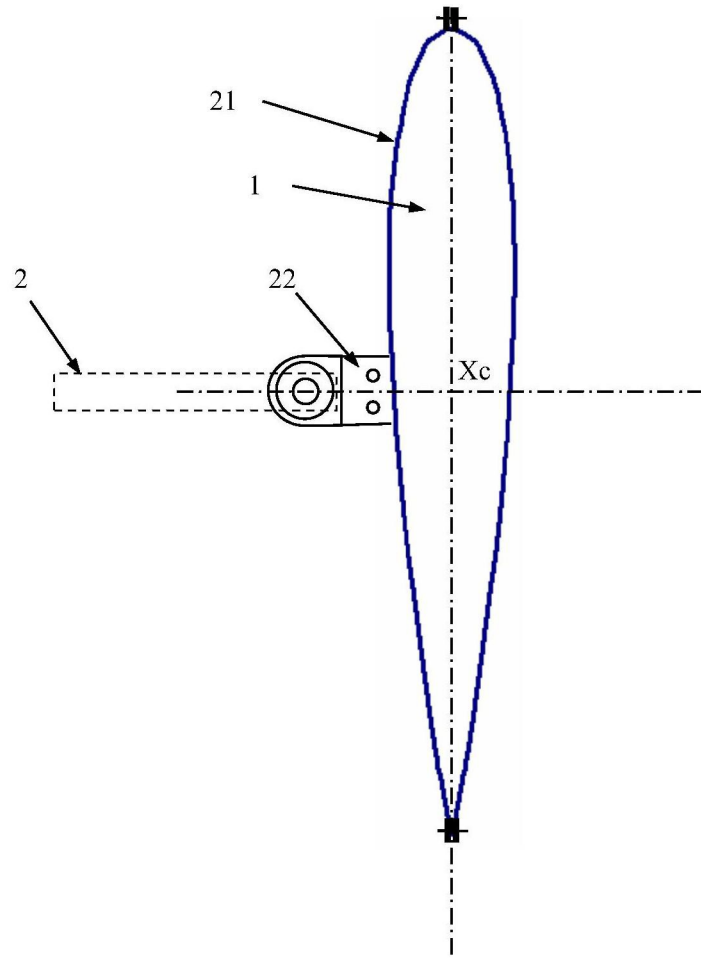


图3(b)

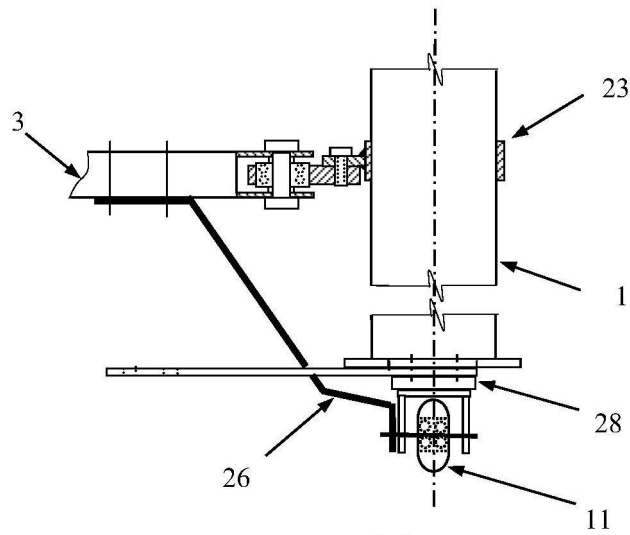


图3(c)

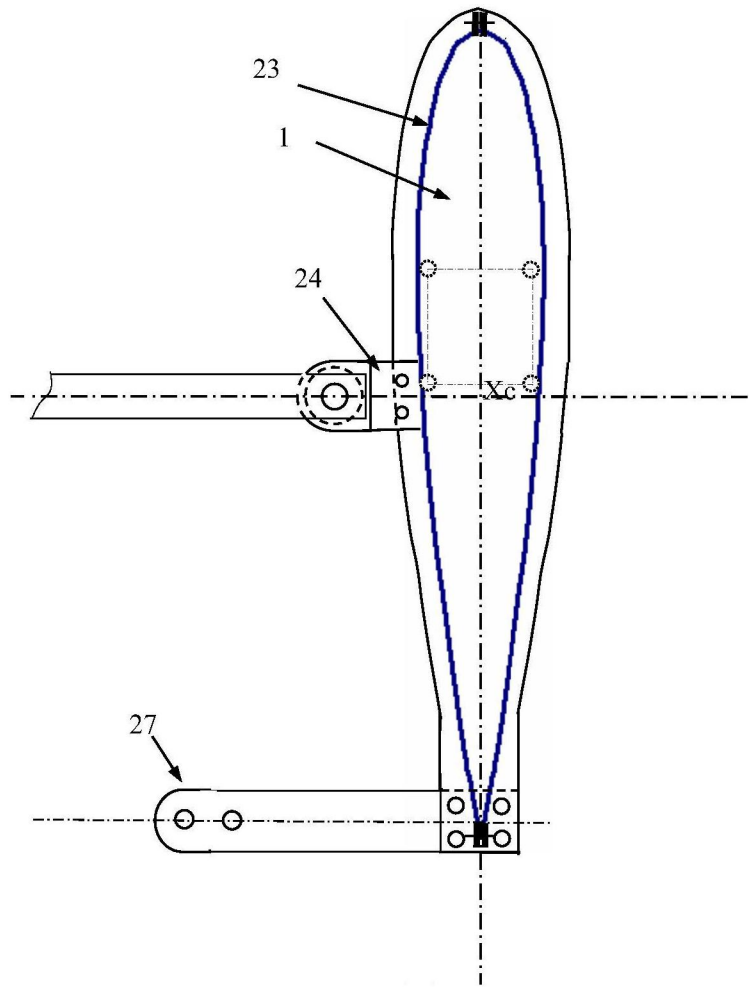


图3(d)

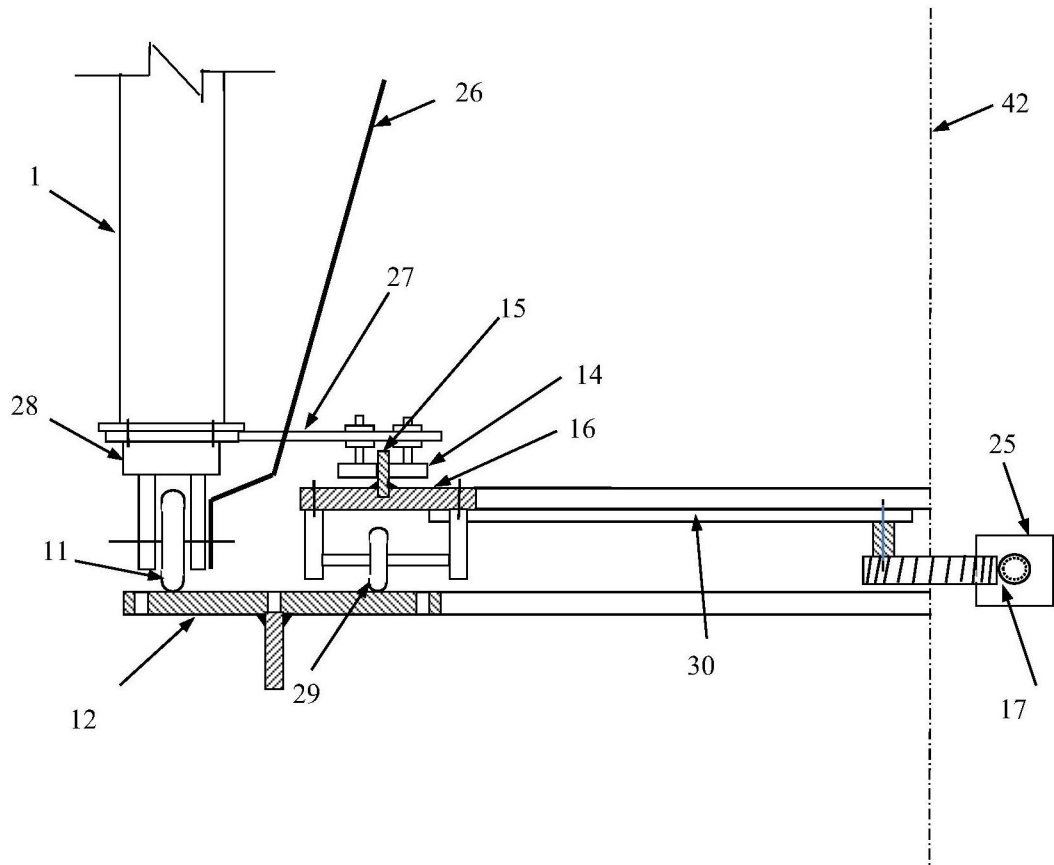


图4

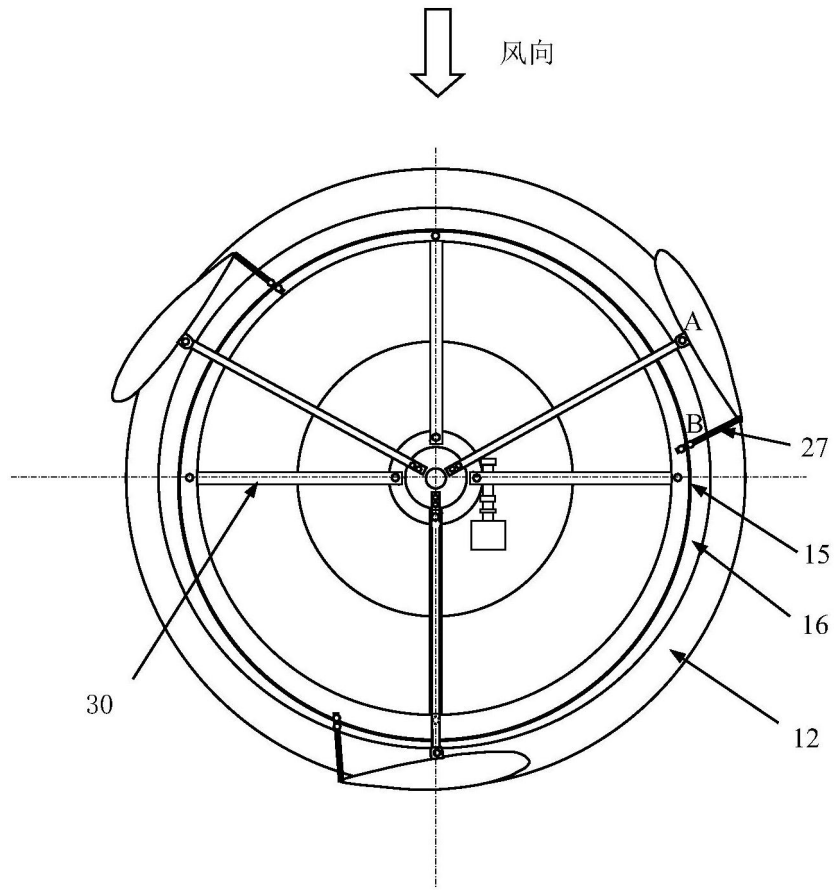


图5

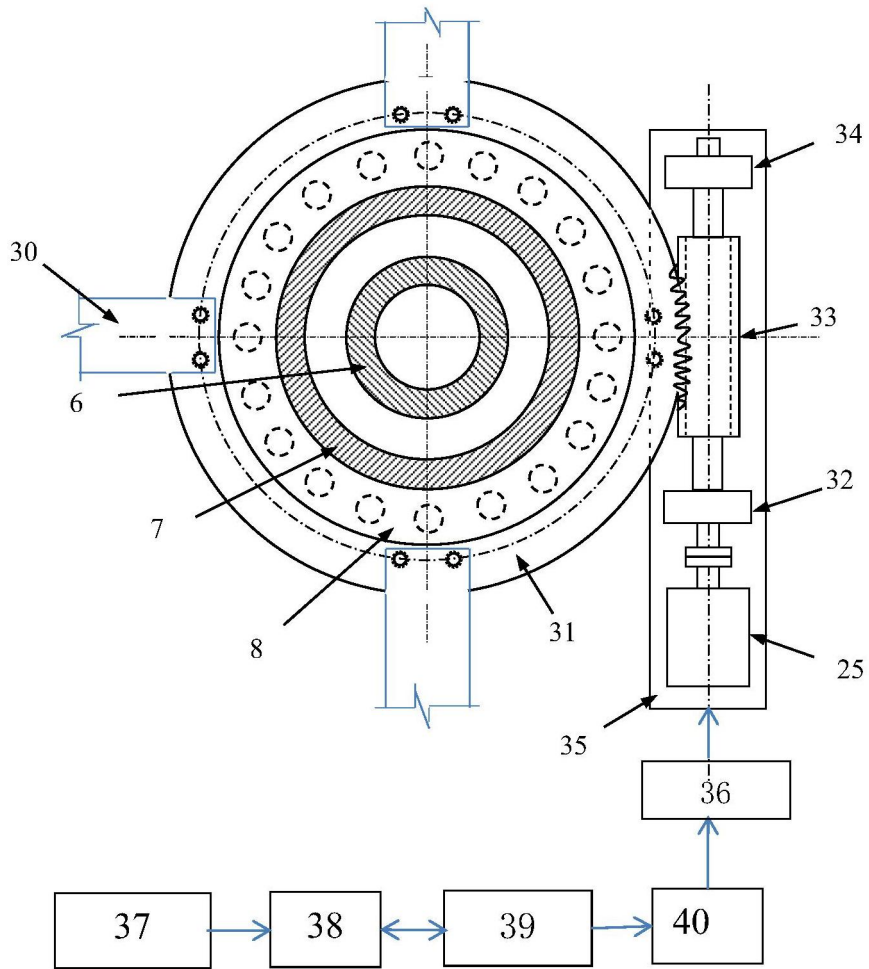


图6

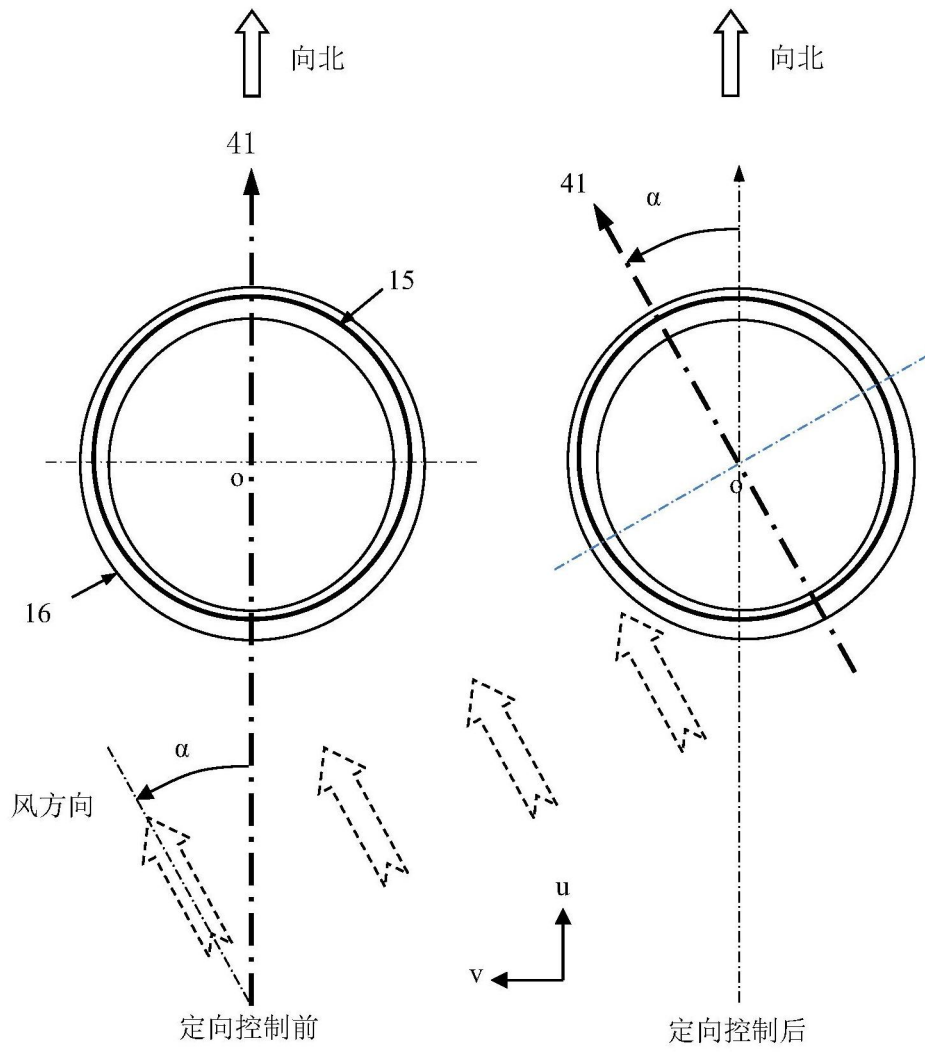


图7

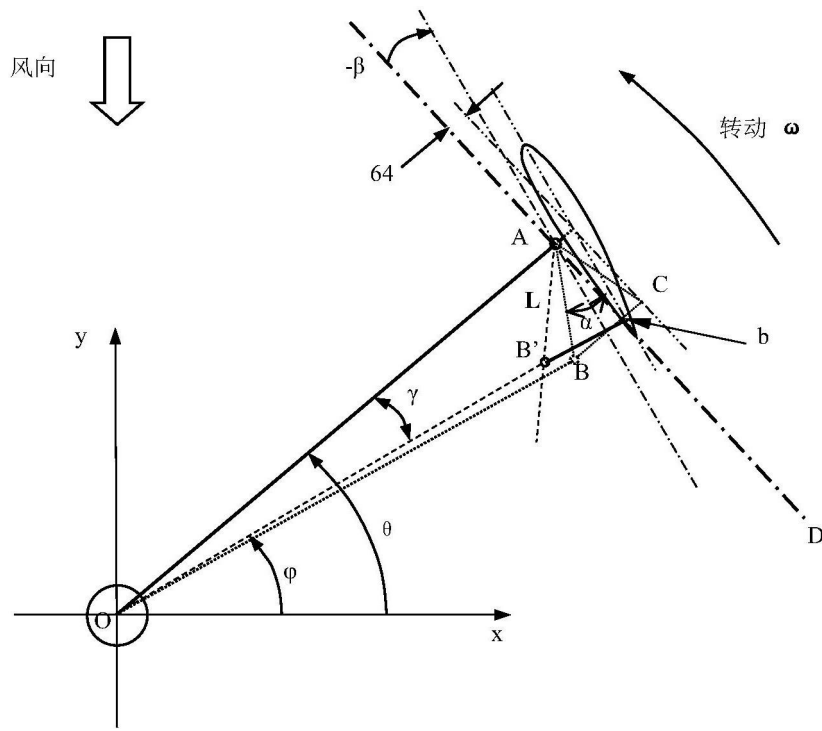


图8