



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 220909892 U

(45) 授权公告日 2024. 05. 07

(21) 申请号 20232225274.8

(22) 申请日 2023.08.18

(73) 专利权人 徐浩然

地址 102200 北京市昌平区天通苑北三区
22楼7单元602

(72) 发明人 徐浩然

(74) 专利代理机构 北京市卓华知识产权代理有
限公司 11299

专利代理师 周瑞艳

(51) Int. Cl.

F03D 3/06 (2006.01)

F03D 9/25 (2016.01)

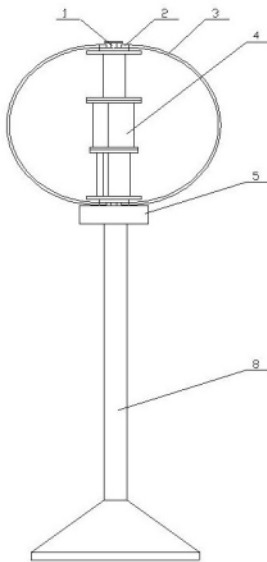
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

立式风动机系统及立式风力发电系统

(57) 摘要

本实用新型涉及立式风动机系统及风力发电系统。立式风动机,设有纵向的风机轴,风机轴上安装有用于构成启动的弧形叶片组成的风筒和用于高速转动的风轮,其特征在于风轮的叶片数量为4个,等角距分布,风筒位于风轮内侧,与风轮形成一体风力转动系统,风轮的数量为一个或多个,多个风筒依次上下分布,共同组成一体的风筒组,风轮的叶片的下端和/或上端与风筒固定连接,另一端与风筒固定连接或活动连接。立式风力发电系统的风动机采用立式风动机,发电机采用立式的外转子发电机,外转子与Darrieus风轮的叶片和Savonius风筒连接。本实用新型能够在实现风动机自启动的同时,提高风动机运行的稳定性,减少振动和噪音,优化输出特性。



1. 立式风动机系统, 设有纵向的风机轴, 风机轴上安装有用于构成启动的弧形叶片组成的风筒和用于高速转动的风轮, 其特征在于风轮的叶片数量为4个, 等角距分布, 风筒位于风轮内侧, 与风轮形成一体风力转动系统, 风轮的数量为一个或多个, 多个风筒依次上下分布, 共同组成一体的风筒组, 风轮的叶片的下端和/或上端与风筒固定连接, 另一端与风筒固定连接或活动连接。

2. 如权利要求1所述的立式风动机系统, 其特征在于全部风筒的竖向跨度与风轮内侧空间中部的竖向跨度相符。

3. 如权利要求1所述的立式风动机系统, 其特征在于风轮的叶片采用对称翼型; 或者, 风轮的叶片采用凹凸翼型, 凸面朝外。

4. 如权利要求1所述的立式风动机系统, 其特征在于风筒半径为风轮半径的七分之一至五分之一。

5. 如权利要求4所述的立式风动机系统, 其特征在于风筒的数量为三个, 三个风筒为相同的风筒, 周向上 120° 相间分布。

6. 如权利要求1所述的立式风动机系统, 其特征在于风轮的叶片的上下两端均设有水平连接段, 其水平连接段与主体部分之间平滑过渡。

7. 如权利要求6所述的立式风动机系统, 其特征在于风轮的叶片的上端与风机轴浮动旋转连接。

8. 如权利要求7所述的立式风动机系统, 其特征在于风机轴采用纵向定轴, 纵向定轴上设置有与纵向定轴竖向滑动连接的浮动轴, 风轮的叶片的上端与浮动轴旋转连接, 由此实现风轮的叶片与风机轴的浮动旋转连接。

9. 立式风力发电系统, 设有风动机及由风动机驱动的发电机, 其特征在于风动机采用权利要求1-8中任一项所述的立式风动机系统。

10. 如权利要求9所述的立式风力发电系统, 其特征在于发电机为外转子发电机, 风机轴与发电机的定子轴上下同轴连接, 风轮的叶片的下端和风筒或风筒组的下端均与发电机的外转子固定连接。

立式风动机系统及立式风力发电系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及立式风动机系统及采用这种立式风动机系统的立式风力发电系统。

背景技术

[0002] 风动机(或称风力机)是风力发电系统中将风能转化为旋转机械能的设备,依据其转轴设置方式/姿态,主要可以分为水平轴和垂直轴两种形式,其中垂直轴风动机因不受风向影响,无需设置偏航系统,在一定场合下,特别是在风速相对较低的区域,具有较强的优势。

[0003] 垂直轴风力机可分为阻力型和升力型两种主要形式,其中阻力型形风力机中较为典型的是萨渥纽斯(Savonius,或称萨沃纽斯)风力机,风轮的转动时利用气流在叶片前后形成的压强差推动的,由于阻力型风力机叶片在逆风区产生的反向力矩较大,风能利用率较低,应用受限。目前应用较多的是升力型风力机,较为典型的为达里厄(Darrieus,或称达里厄斯)风力机,亦有人认为所有的升力型垂直轴风力发电机都可以归为达里厄型风力发电机中。达里厄风力发电机是最早的升力型垂直轴风力发电机,是由一位名叫G.J.M.Darrieus工程师实用新型的,在1931年获得专利,但一直未得到重视,经加拿大国家空气动力实验室和美国sandia实验室进行大量研究,达里厄风力发电机才具有了实用价值,据悉与所有垂直轴风力发电机相比,达里厄风力发电机的风能利用系数最高。

[0004] 为获得更好的性能,人们在经典达里厄风力发电机的基础上进行了不断的改进。例如,中国专利文献CN106032791A公开了一种升力互补型垂直轴风力发电机,由风轮、盘式发电机、主轴以及连接件组成,所述的风轮为组合式风轮,即将Savonius式风轮和Darrieus式风轮相结合,所述的Savonius式风轮包括两个微S形叶片和固定叶片的上、下圆形托板,两个微S形叶片平行对应分布在圆形托板上,且关于风轮的中心轴呈中心对称,上、下圆形托板的外板面各有4条加强筋,互成90°夹角,所述的Darrieus式风轮为Darrieus式 ϕ 型风轮,采用三个弧形板作为其叶片,所述的弧形板包括位于中段的圆弧部及位于圆弧部两端的直线部,通过这种组合形式发挥两类风轮的优点,实现自启动,且提高发电效率。又如,中国专利文献CN115539294A公开了一种光补充型垂直轴风力发电机组,包括叶轮组、安装叶轮组的支撑柱,所述叶轮组的叶片附着安装光伏电池板组,叶片大致呈立面的弧形,数量为三个,等间隔分布,所述叶轮组下方的设有导电套环,所述导电套环安装在所述支撑柱,用于将光伏电池板组与蓄电池电连通,由此利用风能和光能两种能量来源,提高了供电能力和供电的稳定性。

[0005] 这些现有技术限定或给出的实施例中,Darrieus风轮的叶片数量均为3个,以120°的间隔等间距(角距离)均衡分布,这也是实践中Darrieus风力机常用的Darrieus叶片设置方式,在没有其他构造对气流产生干扰的情形下,这种叶片数量及设置方式能够取得良好的效果。当存在其他构造对气流的干扰时,则可能引发其他问题。例如,前述CN106032791A公开的技术方案中,由于Savonius式风轮阻挡了流经Darrieus风轮的风,使Darrieus风轮

的叶片在迎风侧和背风侧所受的风力大小和方向均可能存在明显的不同,影响Darrieus风轮运行的稳定性,导致振动和噪音的增加,亦对风力机的机械能输出特性和发电机的电能输出特性产生不利影响。

实用新型内容

[0006] 为克服现有技术的上述缺陷,本实用新型提供了立式风动机及采用这种立式风动机的立式风力发电系统,以在实现风动机/风力发电系统自启动的同时,提高风动机运行的稳定性,减少振动和噪音,优化输出特性。

[0007] 本实用新型的技术方案是:立式风动机系统(简称立式风动机,或风动机),设有纵向(使用状态下通常为竖向)的风机轴,风机轴上安装有用于构成启动的弧形叶片(或称S形叶片)组成的风筒(例如,Savonius风筒,或称Savonius风轮)和用于高速转动的风轮(例如,Darrieus风轮,特别是 ϕ 型Darrieus风轮),风轮的叶片(为风动机的主叶片,可采用Darrieus风轮叶片或其他适宜形式的立式风轮的叶片)数量为4个,等角距(或者说等角距离)分布(也就是,相邻叶片相间 90°),风筒位于风轮内侧,与风轮形成一体风力转动系统,风轮的数量为一个或多个,多个风筒依次上下分布,共同组成一体的风筒组,风轮的叶片的下端和/或上端与风筒固定连接,另一端与风筒固定连接或活动连接。

[0008] 风筒(或风筒组)可以固定安装在风机轴(或者风机轴的主体部分)上,风轮的叶片与风筒之间的连接可以为直接连接,也可以为通过风机轴或其他件实现的间接连接。

[0009] 优选地,全部风筒(所述的一个或所述的多个风筒)的竖向跨度(或称纵向跨度,指在风机轴延伸方向上的尺寸,亦可称为全部Savonius风筒的高度,简称全部风筒高度)与风轮内侧空间中部的竖向跨度相符(或称一致,或相适应,或相等,但被其他件/结构占据的部分除外,且包括实践中应允许的装配间隙等不具有实质性负面影响的间隙的情形)。

[0010] 优选地,风轮的叶片(叶片的主体部分)采用对称翼型,也就是,其横截面(垂直于叶片延伸方向的截面)形状与对称翼型的机翼横截面形状相同/相仿;或者,风轮的叶片采用凹凸翼型,也就是,其横截面形状与凹凸翼型的机翼横截面形状相同/相仿,凸面朝外。

[0011] 优选地风轮的叶片采用在横向两侧位置(叶片扫掠面中垂直于竖向轴线及外部气流方向上的两端位置)上的升力为零的设置方式(姿态)。

[0012] 优选地,风筒半径(风筒的叶片扫掠面半径)为风轮半径(风轮的叶片扫掠面的最大水平截面的半径)的七分之一至五分之一(含两端端值)。

[0013] 优选地,风筒的数量为三个,三个风筒为相同的风筒,周向上 120° 相间分布(相邻风筒周向上的角距/转角差为 120°)。

[0014] 优选地,风轮的叶片的上下两端均设有水平连接段,其水平连接段与主体部分之间平滑过渡。

[0015] 优选地,风轮的叶片的上端与风机轴浮动旋转连接。

[0016] 进一步地,风机轴采用纵向定轴(使用状态下通常呈竖向),纵向定轴上设置有与纵向定轴竖向滑动连接的浮动轴,风轮的叶片的上端与浮动轴旋转连接,由此实现风轮的叶片与风机轴的浮动旋转连接。

[0017] 立式风力发电系统,设有风动机及由风动机驱动的发电机,风动机采用本发明公开的任一种立式风动机系统。

[0018] 优选地,发电机为外转子发电机,风机轴(纵向定轴)与发电机的定子轴上下同轴(轴线位于同一直线上)连接(包括采用一体结构),风轮的叶片的下端和风筒均与发电机的外转子固定连接。

[0019] 风动机和发动机的组合可以固定安装在立柱或其他任意适宜的安装基础上。当安装在立柱上时,立柱与风机轴所在轴线优选为同一竖向直线。

[0020] 本实用新型的有益效果是:由于风轮设置了4个等角距分布的叶片,当一个叶片处于风轮迎风侧(或称前方,叶片扫掠面在迎风方向上的最前端)时,与其相对的(位于同一直径上的)另一个叶片处于风轮背风侧(或称后方,叶片扫掠面在迎风方向上的最后端),也就是,任一叶片处于迎风侧时整个风轮的受力状况与该叶片处于背风侧时整个风轮的受力状况一致(假设转速和风力等条件不变),由此尽管因风筒干扰使叶片在迎风侧的受力状况与在背风侧的受力状况不同,但整个风轮在这两个状态下的受力状况不变,不会因风轮受力状况变化产生额外的振动和噪音,也不会因风轮受力状况变化而产生风力机输出及发电机输出的波动;由于风筒组合的高度(竖向跨度)与风轮的高度(竖向跨度)一致(基本一致),在不同高度位置上对水平风向的风的阻挡效果基本相同,有利于减轻或避免因仅在中部或下部(竖向中部或下部)阻挡水平风导致的竖向(立面)湍流,改善了背风侧(及附近)风轮叶片的受力状况,有利于提高正向力矩;另外,由于适当增大了风轮的叶片数量和实度,且通过与风筒合理的尺寸配合,有效地提高了风力发电机的风能利用系数,增大了发电能力。依据在北方多个地区的对比实验,在其他条件/构造不变的情形下,本发明相对于叶片的数量为3个、风筒(单体风筒)的数量为2个的对应风力发电机,在合理的控制下,日发电能力提高20%左右。

附图说明

[0021] 图1是本实用新型涉及的一种风动机的俯视构造示意图;

[0022] 图2是本实用新型涉及的一种风力发电系统的主视构造示意图;

[0023] 图3是本实用新型涉及的一种风力发电系统的主视构造示意图。

具体实施方式

[0024] 参见图1-图3,本实用新型的风动机(或称风力机)和风力发电机均采用立式设置。其中风动机的风机轴1为竖向轴(亦可称为纵向轴,使用状态下通常为竖向),风机轴上安装有 ϕ 型Darrieus风轮(或其他适宜形式的立式风轮,下同)的叶片(可称为风轮叶片)3及Savonius风轮(或其他适宜形式的能够低风速启动的风筒,下同)4,可视为由Darrieus风轮和Savonius风轮组合的风机,其中Savonius风轮可采用任意适宜的现有技术,依据启动风力/风速及与Darrieus风轮的尺寸配合和协同工作等要求选择。Savonius风轮设置于Darrieus风轮叶片围成的区域(扫掠面)内,两种风轮之间固定连接,进而一同转动。可以将两者在某个部位上直接固定连接,或者通过连接件固定连接,或者固定连接于其他件上以实现相互之间的相对固定,且应使两者相不妨碍。依据与风机轴之间的运动关系,两风轮(Savonius风轮和Darrieus风轮)与风机轴之间可以旋转连接(例如,通过轴承连接)以允许两风轮相对于风机轴旋转;两风轮也可以与风机轴之间固定连接,带动风机轴一起旋转。

[0025] Savonius风筒的数量可以是一个,该Savonius风筒的高度(竖向尺寸)应符合对

Savonius风筒的总高度(全部Savonius风筒的竖向跨度)要求。Savonius风筒的数量也可以是多个,多个Savonius风筒上下依次连接为一个整体,该整体可称为Savonius风筒组(或Savonius风轮组),其总高度(竖向尺寸)应符合对Savonius风筒的总高度要求。

[0026] 作为一种优选的实施方式,Savonius风筒的数量为三个,三个Savonius在周向上 120° 相间分布,也就是,相邻Savonius风筒周向上的角距/转角差为 120° ,以减小在旋转过程中总体受力的波动,提高运行稳定性,同时避免结构过于复杂。

[0027] 作为一种优选的实施方式,Savonius风筒的总高度应与Darrieus风轮内侧空间中部的竖向跨度(Darrieus风轮扫掠面内部空间在中部区域的高度)相符/相适应,使Darrieus风轮(或风轮组)在竖向上能够有效地挡在Darrieus风轮内轴线(或者说风机轴)附近的全部区域(被其他实物占据的区域除外)。由于Savonius风筒在竖向上的全部遮挡,对于水平来风,位于背风侧风轮叶片的主体部分在竖向上不同位置的受力状况(气流方向、速度及压力)大致相同,有效地减小了竖向上不同位置的受力状况的差异,特别是有效地减小了因设置Savonius风筒在背风侧风轮叶片所在区域造成的竖向湍流(湍流的竖向分量),不仅有利于减少能量损失,提高旋转到背风侧(及附近区域)风轮叶片的升力和正向扭矩,而且方便了风轮叶片的优化设计及加工制造。

[0028] 可以依据叶片(或称风轮叶片)上下两端(及临近部位,适宜时)之间不设置其他实体件/实体结构的空間高度设定Savonius风筒的总高度,实践中,可以依据加工和装配条件留有一定的装配间隙等不具有实质性负面影响的间隙。通常,Savonius风筒不宜与叶片主体部分接触,除非基于某种目的确定在某些部位相互接触,例如,叶片上下两端依据连接方式应当与Savonius风筒相互接触/连接在一起,或者如某些较早的现有技术下那样,设置用于连接/拉结叶片中部的连接杆。在本实用新型一个优选的实施方式下,允许叶片在工作过程中有一定的变形(主要是在离心力作用下的形变),在此情形下,应留有一定的间距/间隙以保证在工作过程中叶片(主体部分)变形后依然不与Savonius风筒接触,避免因相互接触对叶片造成妨碍。

[0029] 风轮叶片可以采用任意适宜的现有技术,一种便利的优选实施方式为叶片(叶片的主体部分)采用对称翼型,也就是,其横截面(垂直于叶片延伸方向的截面)形状与对称翼型的机翼横截面形状相同/相仿,在风(或称气流)不受扰动的情形下(或者说不考虑Savonius风筒及其他结构对风的扰动的情形下),这种叶片在迎风侧和背风侧的升力或正向扭矩是相同的,便于进行优化分析和设计,且通常情形下能够获得满意的输出。

[0030] 另一个优选的实施方式为叶片采用凹凸翼型,也就是,其横截面形状与凹凸翼型的机翼横截面形状相同/相仿,且凸面朝外。这种叶片有利于获得大的升力/扭矩,特别是由于Darrieus风轮内设置了Savonius风筒,Savonius风筒挡在迎风侧和背风侧之间的直线路径/通道上,使位于背风侧的叶片所处的空气流场与迎风侧叶片所处的空气流场明显不同,依据实验,在常见的风力状况下,这种凹凸翼型的叶片具有更大的输出,且运行更稳定。

[0031] 作为一种优选的实施方式,凹凸翼型的叶片宜采用在横向两侧位置上的升力为零的设置方式,其弦线与Darrieus风轮在相应位置的径向(半径,或者说扫掠面在水平方向上的半径)之间的夹角依据实验确定,通常不为 90° 。而对称翼型的叶片的弦线与Darrieus风轮在相应位置的径向之间的夹角通常可为 90° 。

[0032] 由于Savonius风筒对气流的阻挡/干扰,应对Savonius风筒和Darrieus风轮进行

适宜的尺寸配比,使推动或绕过Savonius风筒的气流对位于背风侧的叶片具有优化的作用效果,以获得较高的扭矩、较高的运行稳定性及较优的启动性能等。依据实验,能够兼顾上述要求的较为适宜的尺寸配比为Savonius风轮半径为Darrieus风轮半径七分之一至五分之一之间。

[0033] 风轮叶片的上下两端均设有水平连接段4,叶片的水平连接段与叶片的主体部分平滑过渡,通过上下水平连接段与风机轴连接(包括直接连接和通过其他件实现的间接连接),这种叶片构造及相应连接方式能够明显地减小或避免在连接部位的应力集中,防止在高转速下易于出现的连接部位断裂的现象。

[0034] 风轮叶片的上端与风机轴的连接方式可以采用任意适宜的连接方式,例如不允许竖向移动(相对移动)的旋转连接(例如,通过轴承连接)。一种优选的实施方式为叶片的上端与风机轴浮动旋转连接,由此通过连接部位的上下浮动,允许叶片在不同转速下具有不同的变形量,避免因形变应力对叶片及其与风机轴之间连接结构的损坏。

[0035] 一种优选的浮动连接方式为风机轴采用纵向定轴,纵向定轴上设置有与纵向定轴竖向滑动连接的浮动轴,浮动轴可以为套在纵向定轴上的滑套,也可以为插接在纵向定轴上的滑轴,能够相对于风机轴上下滑动,且不能晃动/摆动,叶片的上端与浮动轴旋转连接(例如,通过轴承连接),由此实现叶片与风机轴的浮动旋转连接。

[0036] 浮动轴与纵向定轴之间可以采用花键配合,特别是长花键配合。

[0037] 可以将本实用新型的风动机用于风力发电系统,将发电机5的输入轴与风机轴固定连接或通过传动机构连接,通过风动机驱动发电机旋转发电。

[0038] 发电机的设置方式优选为立式设置,输入轴竖向朝上。由此形成风动机和发电机均为立式设置的立式风力发电系统。

[0039] 作为一种优选的实施方式,发电机采用外转子发电机,在此情形下,可以将叶片的下端和Savonius风筒的下端与发电机的外转子固定连接,带动外转子旋转,将风机轴设置为固定轴,风机轴的下端(例如,纵向定轴的下端)与发电机的定子轴上下同轴(轴线位于同一直线上)连接(包括采用一体结构),形成一体的固定轴。

[0040] 风动机和发电机组成风力发电机系统的主体(工作部分,或称工作部),可以将风动机和发电机的组合安装在立柱8上,或者安装设置在屋顶的平台式安装基础上,或者安装在地面立体支架上。例如,可以以设有骨架的箱体6用作地面立体支架,箱体上设门7,将风动机和发电机组合安装在箱体的顶部,箱体内设置储能装置及相应的控制电路和/或控制器,由此形成基于风力发电的电源单元。

[0041] 本实用新型公开的各优选和可选的技术手段,除特别说明外及一个优选或可选技术手段为另一技术手段的进一步限定时,均可以任意组合,形成若干不同的具体实施方式。

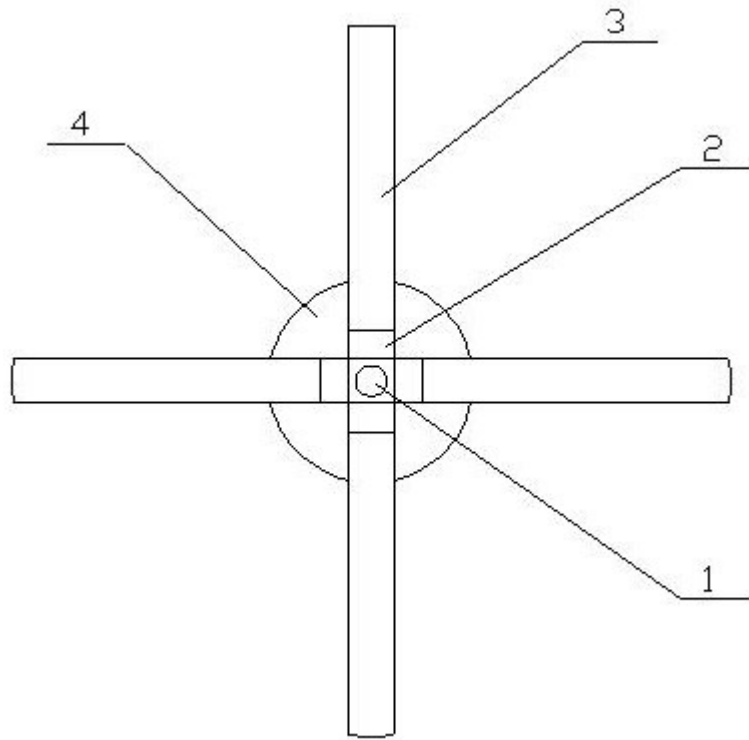


图1

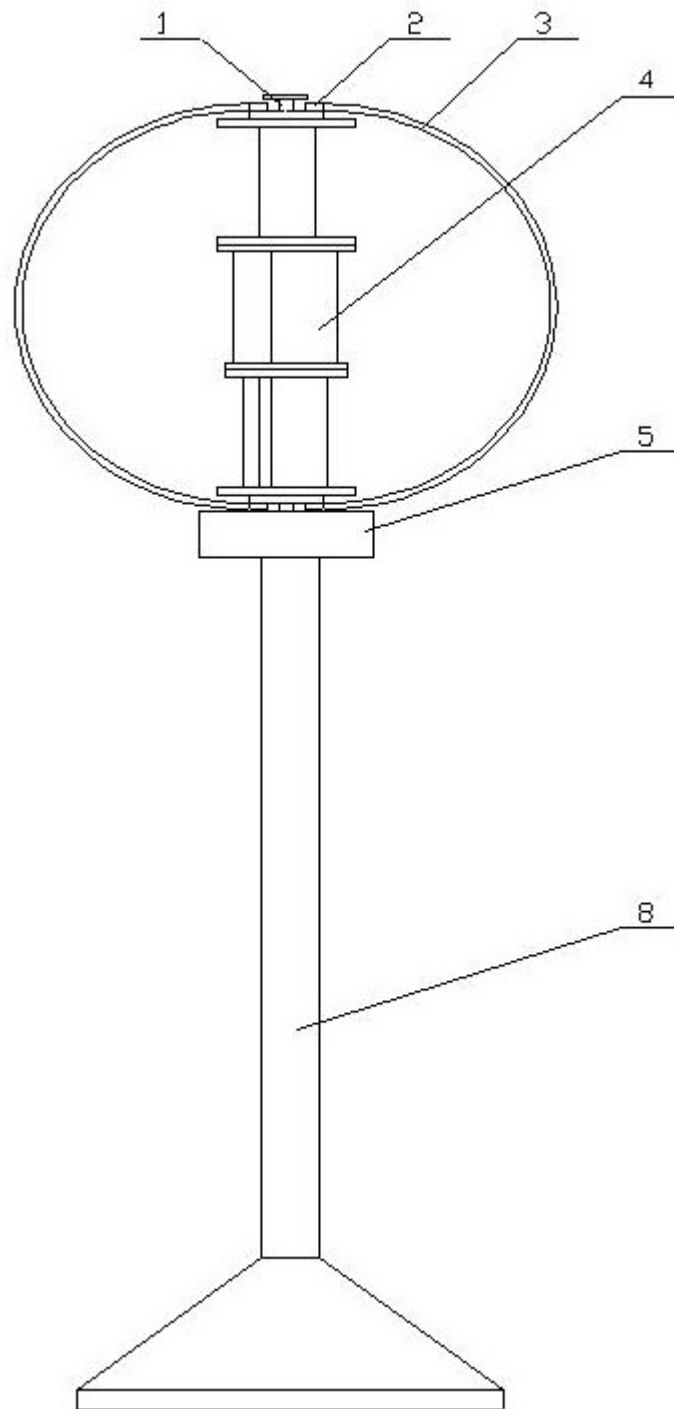


图2

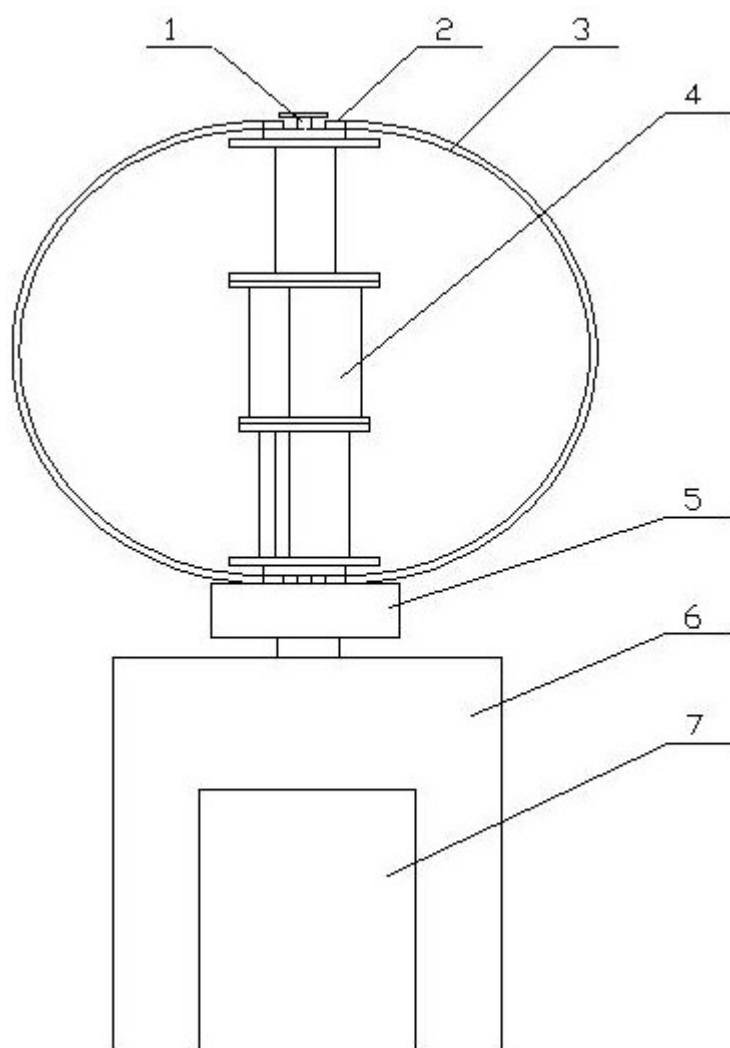


图3