



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211340834 U

(45)授权公告日 2020.08.25

(21)申请号 201921074346.0

E02D 27/44(2006.01)

(22)申请日 2019.07.10

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

专利权人 山西省工业设备安装集团有限公司

(72)发明人 朱则昊 国振 王立忠 朱从博
耿鹏鹏 梁波 张佳利 王建刚
张占权 张翔

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司
33200

代理人 万尾甜 韩介梅

(51)Int.Cl.

E02D 27/42(2006.01)

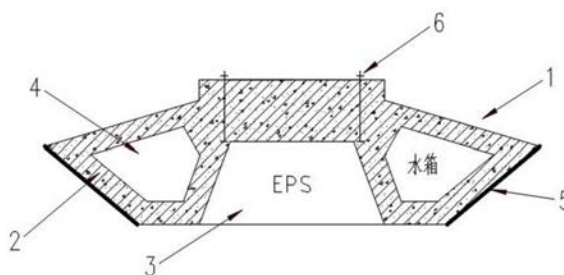
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)实用新型名称

一种可自适应稳定控制的新型风机基础

(57)摘要

本实用新型公开了一种可自适应稳定控制的新型风机基础。该基础包括正锥形基础、倒锥形基础、EPS土工泡沫块体和主动调节系统；所述正锥形基础位于倒锥形基础上部；所述的倒锥体基础外部设置有橡胶层，底部设有正锥形凹槽，所述的EPS土工泡沫块体置于该凹槽内；所述的主动调节系统置于整个基础内部。本实用新型相比传统重力式基础，保留了承担、分散由上部风机塔筒、机舱传递下来的荷载的能力，且下部的倒锥型基础和EPS材料填充增大了基础与土的接触，进一步发挥土体的承载能力，橡胶层可改善风机旋转；主动调节系统通过控制水的分布平衡上部风机塔筒和机舱对基础顶面倾覆力矩；且该基础混凝土用量少，经济性良好；结构稳定，可靠性高，应用前景广阔。



1. 一种可自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,包括正锥形基础(1)、倒锥形基础(2)、EPS土工泡沫块体(3)和主动调节系统(4);所述的正锥形基础(1)位于倒锥形基础(2)上部;所述的倒锥形基础(2)外部设置有橡胶层(5),底部设有正锥形凹槽,该正锥形凹槽为上小下大的结构;所述的EPS土工泡沫块体(3)位于所述的正锥形凹槽内;所述的主动调节系统(4)位于整个基础内部;所述正锥形基础(1)顶部设有预应力锚栓(6),用于连接基础与风机塔筒以及为基础混凝土提供预应力;所述的正锥形基础(1)为上小下大的结构,所述的倒锥形基础(2)为上大下小的结构。

2. 根据权利要求1所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的正锥形基础(1)为圆柱体和圆台构成的一体化结构,所述的圆柱体位于圆台顶部,且圆柱体的半径与圆台的顶面半径相同。

3. 根据权利要求1所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的倒锥形基础(2)顶面半径与所述的正锥形基础(1)的底面半径相同。

4. 根据权利要求1所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的EPS土工泡沫块体(3)与倒锥形基础(2)的正锥形凹槽的形状相同,且二者紧密相贴。

5. 根据权利要求1所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的EPS土工泡沫块体(3)与施工基面之间采用L型金属销钉联结,L型金属销钉插入施工基面的深度不小于20cm, EPS土工泡沫块体(3)底部采用C10~C25的细石混凝土密实衔接。

6. 根据权利要求1所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的橡胶层(5)的厚度为3~6cm,所述的预应力锚栓(6)长为2~4m。

7. 根据权利要求1所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的主动调节系统(4)包括控制系统和4个水箱(7),相邻两个水箱之间设有吸、放水装置,每个装置内含有若干马达(8)、若干阀门(9)和导管(10),所述的马达中有一个是备用马达。

8. 根据权利要求7所述的自适应稳定控制的新型风机基础,其特征在于,所述的主动调节系统(4)中水的总体积为单个水箱体积的1.2倍。

一种可自适应稳定控制的新型风机基础

技术领域

[0001] 本实用新型属于陆上风机新型基础设计、安装工程以及风机控制系统的领域,涉及一种可自适应稳定控制的新型风机基础。

背景技术

[0002] 当今世界能源的消耗以及温室效应越来越引起世界的重视,因此能源产业开始向着清洁、再利用方向发展,风力发电因此应运而生,到2050年,预计全球 12%的电力能源来自风力发电,目前全球已建的风电厂的发电能力在470GW,而 436.7GW的电量来自陆上风电场,占总发电量的97%,由此可见陆上风电在风力发电中扮演着主导的角色。中国大陆地大物博,拥有着丰富的陆上风能资源,平均风能密度在 $100\text{W}/\text{m}^2$,尤其在我国的内陆例如:东北、华北、西北地区拥有着丰富的风能资源。到2016年底,中国已经成为了世界上最大的陆上风力发电国家,总共的陆上发电能力达到168.73GW,占比达到世界陆上风力发电产量的36%,我国已建的陆上风电场的产电能力在90GW,累计的陆上风电产预计在2020年达到 200GW,在2030年达到400GW,在2050年达到1000GW。

[0003] 现在已有的陆上风机基础形式有重力扩展基础、梁板式基础、岩石锚杆基础、PH基础。传统的重力扩展基础的优点是其支模容易,施工速度快,且适合与所有陆上场地,但存在基础底面面积大,导致地面尺寸较大,混凝土用量大,开挖回填量大的缺点;梁板式基础相比重力扩展基础,混凝土用量大幅减小,且适用于所有陆上场地,但还存在基础土方工程量,现场施工不方便,模板安装困难,钢筋间距过小,混凝土不易振捣密实的缺点;岩石锚杆基础的优点是可以充分应用基岩的承载力,可以明显减少基础的混凝土和钢筋用量,但也存在岩石锚杆防腐能力不足的缺点,且该基础存在安全隐患,对地质勘察的要求较高,适用性较为狭窄,仅适用于岩石地基;PH基础的优点是造价低,没有繁琐的钢筋绑扎工程,施工速度快,但是存在预应力材料与波纹筒不易采购的缺点设计时需考虑土的塑性特性,且锚栓腐蚀问题没有解决,存在安全隐患,锚栓断裂后更换成本大。

[0004] 在风电行业如火如荼的今天,陆上风电在产业化的背后需要更多的技术上的提升以及成本逐步减少,一般风机的使用年限在20~25年,但是对于风机基础的使用会远远超过上部风机的使用年限,因此在保证基础的可靠性的前提下,减少基础的生产成本是十分必要的。

[0005] 本实用新型的可自适应稳定控制风机基础具有成本低、可靠性强的特点,并且可以保证在后续的机组替换之后使基础能够承担更大的风机组件所产生的荷载并保证可靠性,不需要因为上部构件的替换而更换基础,且其结构简单,易于设计和生产,运输方便,经济性较高,符合当前绿色低碳的理念。

实用新型内容

[0006] 本实用新型针对现有的陆上风机基础形式存在的基坑开挖量大、钢筋混凝土用量多、结构形式单一等缺陷,提出一种可自适应稳定控制的新型风机基础。本实用新型的目的

主要为减少基础材料用量及尺寸、提高基础的耐久能力。

[0007] 本实用新型采取以下技术方案：

[0008] 一种可自适应稳定控制的新型风机基础，包括正锥形基础、倒锥形基础、EPS 土工泡沫块体和主动调节系统；所述的正锥形基础位于倒锥形基础上部，所述的倒锥形基础外部设置有橡胶层，底部预留有正锥形凹槽，该正锥形凹槽为上小下大的结构；所述的EPS土工泡沫块体置于所述的正锥形凹槽内；所述的主动调节系统置于整个基础内部，在所述的正锥形基础顶部设有预应力锚栓，用于连接基础与风机塔筒以及为基础混凝土提供预应力，使基础混凝土受压，避免其受拉开裂，增加其耐久性；所述的正锥形基础为上小下大的结构，所述的倒锥形基础为上大下小的结构。

[0009] 在上述技术方案中，进一步地，所述的正锥形基础为圆柱体与圆台构成的一体化结构，所述的圆柱体位于圆台顶部，且圆柱体的半径与圆台的顶面半径相同。

[0010] 进一步地，所述的倒锥形基础顶面半径与所述的正锥形基础的底面半径相同。

[0011] 进一步地，所述的EPS土工泡沫块体与倒锥型基础的正锥形凹槽的形状相同，且二者紧密相贴。

[0012] 进一步地，所述的EPS土工泡沫块体的施工安置过程为：先按照正锥形凹槽尺寸切割EPS土工泡沫块体，然后在基础底部铺设干拌水泥砂浆，最后将EPS 土工泡沫块体置于正锥形凹槽内；所述的EPS土工泡沫块体与施工基面之间采用 L型金属销钉联结，L型金属销钉插入施工基面深度不小于20cm，EPS土工泡沫块体安置完后底部采用C10~C25的细石混凝土密实衔接。

[0013] 进一步地，所述的预应力锚栓长2~4m，直径尺寸按照不同风场的年平均风速计算决定；所述的橡胶层的壁厚为3~6cm，其设置方式为：在地基放坡完成后铺在坡上再将基础置于橡胶层上。

[0014] 进一步地，所述的主动调节系统包括控制系统和4个水箱，相邻两个水箱之间设有吸、放水装置，每个装置内含有若干马达（1个备用，其他正常使用），若干阀门和导管。

[0015] 更进一步地，所述的主动调节系统中水的总体积为单个水箱体积的1.2倍（1.2为安全系数，避免保证水箱有充足的水，允许水有一定的流失），且所述的主动调节系统中的控制系统可以接受来自上部风机机组自带的偏航系统风速、风向传感器的信号，并根据信号发布调整水箱中水的分布的指令。

[0016] 更进一步地，所述的主动调节系统调整水箱中水的具体方式为：调整水的分布主要取决于风向和风速，当风速小于风机切入速度时，控制系统通过马达、导管、阀门将水平均的分布于四个水箱当中；当风速大于风机切入风速时，控制系统会根据风向传感器的信号确定风向区间，再根据风向区间分配各个水箱中的水，（把水视为可动荷载，分布于迎风面水箱中平衡或减小上部倾覆力矩）。所述的风机切入速度由风机厂家定制叶轮和偏航转动系统时确定。

[0017] 更进一步地，所述的主动调节系统中马达的抽水速率为 $0.2\sim 0.4\text{m}^3/\text{s}$ ，水在相邻的水箱之间的运输时间为2~2.5分钟，相对水箱（如水箱1、3）之间水的传输时间在4~6分钟，相比较偏航系统的机舱转动速度 $0.5^\circ/\text{s}$ ，即上部风机机组（叶片、机舱）转动 180° 至少需要6分钟，下部主动调节系统有充分的时间完成水箱中水的传递和分布。

[0018] 本实用新型具有以下优点：

[0019] 上部保留传统重力式基础形式,可以承担、分散由上部风机塔架、机舱、叶轮所传递下来的荷载,避免了基础出现应力集中;

[0020] 下部采用倒锥型结构形式相比传统的风机基础增加了土与基础的侧向接触面积,充分发挥土的承载能力,进一步提高了基础的抗水平滑移能力,且倒锥形与下部坡脚相吻合,节省了填土填埋量,减少了施工工作量;

[0021] 底部的EPS土工泡沫块体在公路地基中应用广泛,省去了传统施工中土胎的制作,大大减小了基础混凝土用量和施工难度,且具有轻质、高强、较强的化学稳定性和水稳定性、良好的力学性能、较高的界面摩擦系数,置于基础内侧进一步增加了与基础的接触,提高了基础的竖向承载力,且施工简单方便,经济性良好;

[0022] 水箱及主动调节系统可以通过调节水的分布减小正常工作时由风机上部组件传递下来的巨大的倾覆力矩,减少了基础的钢筋、混凝土用量,从而减少成本,且提高了基础的耐久性,使其可以持久服役,符合可持续性发展;

[0023] 橡胶层与土、基础的界面摩擦系数大于基础-土的界面摩擦系数,可以有效减小风机基础旋转;预应力锚杆施加预应力,使得塔基下混凝土处于受拉状态,提高整体的承载力、耐久性以及抗疲劳性。

附图说明

[0024] 图1为本实用新型基础的整体示意图;

[0025] 图2为水箱、控制系统分布示意图;

[0026] 图3为标准线及水箱参考角度详图;

[0027] 图4为基础有无主动调节控制系统受荷机理对比图;(a)调节前,(b)调节后;

[0028] 其中,1为正锥形基础、2为倒锥形基础、3为EPS土工泡沫块体、4为主动调节系统、5为橡胶层、6为预应力锚栓、7为水箱、8为马达、9为阀门、10 为导管。

具体实施方式

[0029] 下面结合实施例和附图对本实用新型的技术方案做进一步的说明:

[0030] 参照图1,本实用新型的一种可自适应稳定控制的新型风机基础,是由正锥形基础1、倒锥形基础2、EPS土工泡沫块体3、主动调节系统4、外部橡胶层5 以及预应力锚栓6组成;所述的正锥形基础1位于倒锥形基础2上部,EPS土工泡沫块体置于倒锥形基础2底部的正锥形凹槽内,与倒锥形基础2紧密接触,该正锥形凹槽为上小下大的结构;主动调节系统4置于整个基础内部,通过传感器和控制系统调节水箱中的水,在倒锥形基础2外部布置有橡胶层5,在基础顶部设有预应力锚栓6,所述的正锥形基础1为上小下大的结构,所述的倒锥形基础 2为上大下小的结构。

[0031] 具体为:

[0032] 所述的正锥形基础1为圆柱体与圆台构成的一体化结构,圆柱体位于圆台顶部,该圆柱体的半径为3m,高度为0.65m,圆台的顶面面径为3m,底面半径为 8m,高度为1.5m。

[0033] 所述的倒锥形基础2的顶面半径为8m,底面半径为5米,高度为2.5m。

[0034] 所述的EPS土工泡沫块体3位于倒锥型基础2正锥形凹槽中,顶部半径2m,底部半径3m,高2.5m;

[0035] 所述的EPS土工泡沫块体3施工安置过程为:按照尺寸要求切割EPS土工泡沫块体-在基坑底部铺设干拌水泥砂浆-将EPS土工泡沫块体置于正锥形凹槽内。

[0036] 所述的EPS土工泡沫块体3与施工基面之间采用L型金属销钉联结,销钉插入施工基面深度不小于20cm, EPS土工泡沫块体3安置完后底部采用C10~C25 的细石混凝土密实衔接。

[0037] 所述的橡胶层5位于倒锥形基础外侧,壁厚3~6cm,在地基放坡完成后铺在坡上再将基础置于橡胶层上。

[0038] 所述的预应力锚栓6长2~4m,直径尺寸按照不同风场的年平均风速计算决定,用于连接基础与风机塔筒以及为基础混凝土提供预应力,使基础混凝土受压,避免其受拉开裂,增加其耐久性。

[0039] 参照图2、3以及表1本实用新型的新型陆上风机基础抵抗倾覆力矩的主动调节系统,该主动调节系统4中含有4个水箱7,相邻两个水箱之间设有吸、放水装置,每个装置内含有8个马达8(1个备用,7个正常使用),若干阀门9、导管10,用于传递水箱7中的水,并配有控制系统以接收信号和发布吸、放水指令。

[0040] 具体为:

[0041] 所述的主动调节系统4中水的总体积为单个水箱体积的1.2倍,约为 240m^3 (1.2为安全系数,避免保证水箱7有充足的水,允许水有一定的流失)。

[0042] 所述的主动调节系统4中的控制系统可以接受来自风机机组自带的偏航系统风速、风向传感器的信号,并通过信号发布调整水箱7中水的分布的指令。

[0043] 所述的主动调节系统4中水箱7中水的分布主要取决于风向和风速,当风速小于风机切入速度时,控制系统通过马达8、阀门9、导管10将水平均的分布于四个水箱7当中;当风速大于风机切入风速时,控制系统会根据风向确定风向区间,再根据风向区间把水分配至各相应水箱7中(把水视为可动荷载,分布于迎风面水箱中减小基础顶面的倾覆力矩),具体分配详情见图4和表1。

[0044] 表1不同风向时水箱中水分布表

机舱与标准线夹角	水分布
$0^\circ \sim 22.5^\circ$ 和 $337.5^\circ \sim 360^\circ$	水箱1
$22.5^\circ \sim 67.5^\circ$	水箱1+水箱2
$67.5^\circ \sim 112.5^\circ$	水箱2
$112.5^\circ \sim 157.5^\circ$	水箱2+水箱3
$157.5^\circ \sim 202.5^\circ$	水箱3
$202.5^\circ \sim 247.5^\circ$	水箱3+水箱4
$247.5^\circ \sim 292.5^\circ$	水箱4
$292.5^\circ \sim 337.5^\circ$	水箱4+水箱1

[0046] 所述的主动调节系统4中马达8的抽水速率等于 $0.2 \sim 0.4\text{m}^3/\text{s}$,水在相邻的水箱7之间的运输时间为2~2.5分钟,相对水箱7之间水的传输时间在4分钟~6 分钟,相比较偏航系统的机舱转动速度 $0.5^\circ/\text{s}$,即上部风机机组(叶轮、机舱) 至少需要6分钟转动 180° ,下部主动调节系统有充分的时间完成水箱7中水的传递和分布。

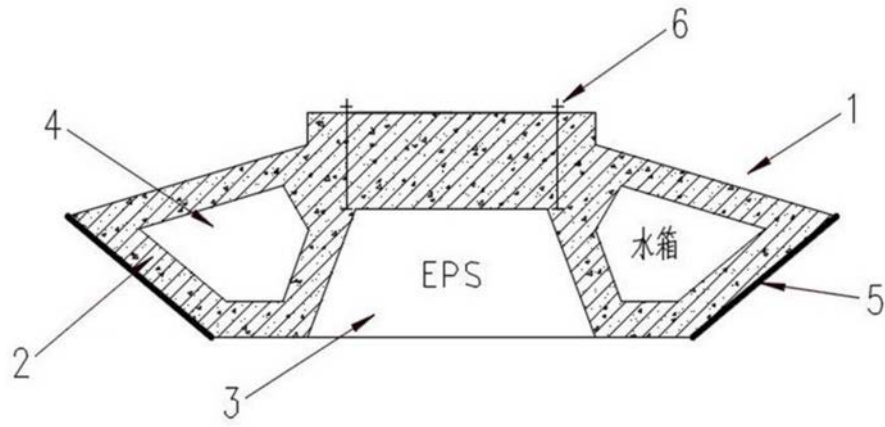


图1

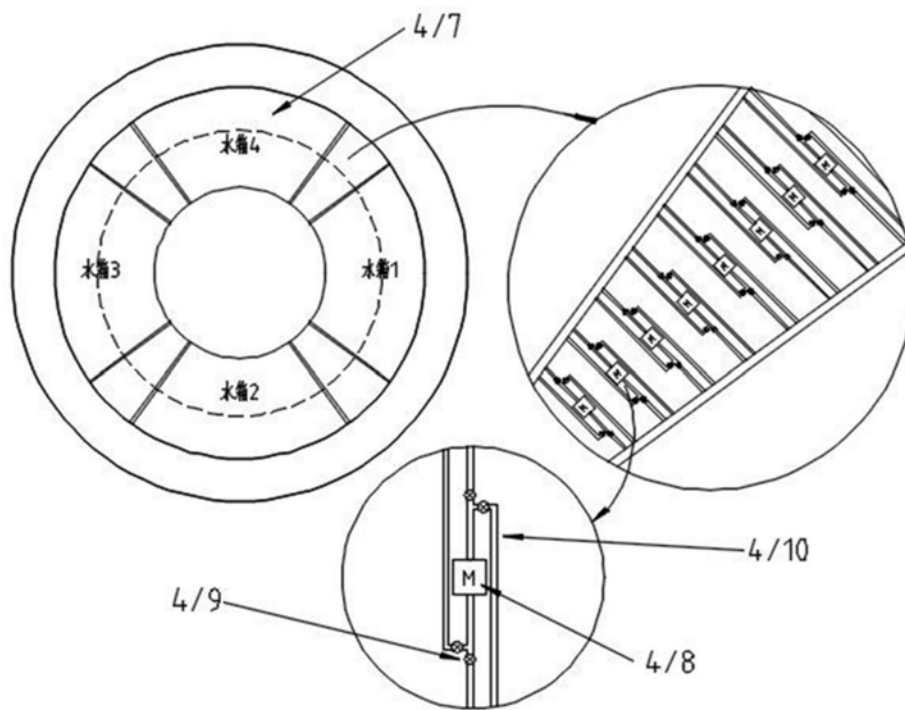


图2

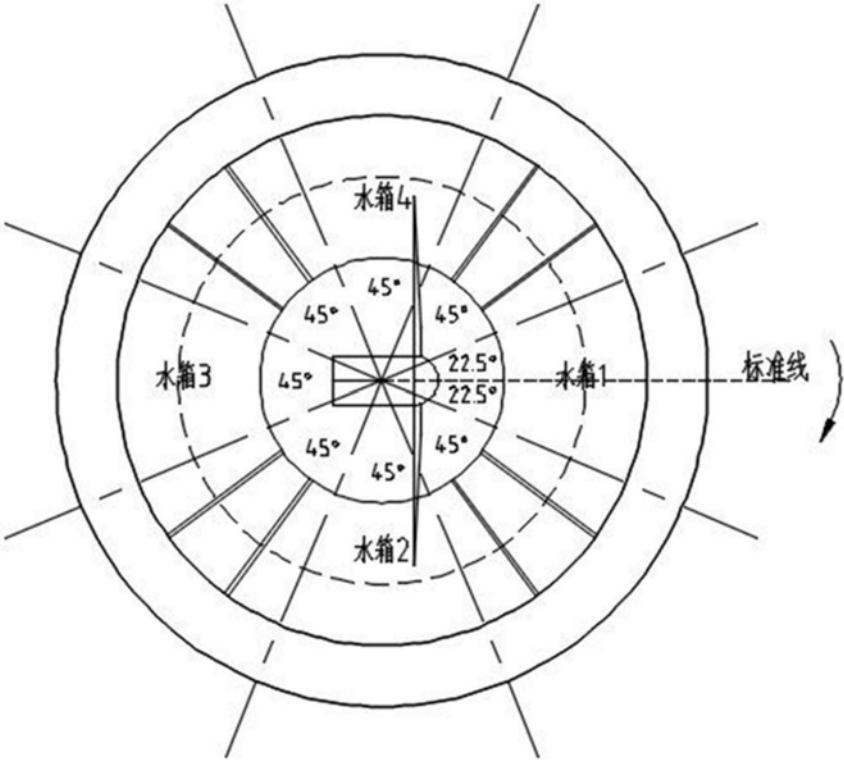


图3

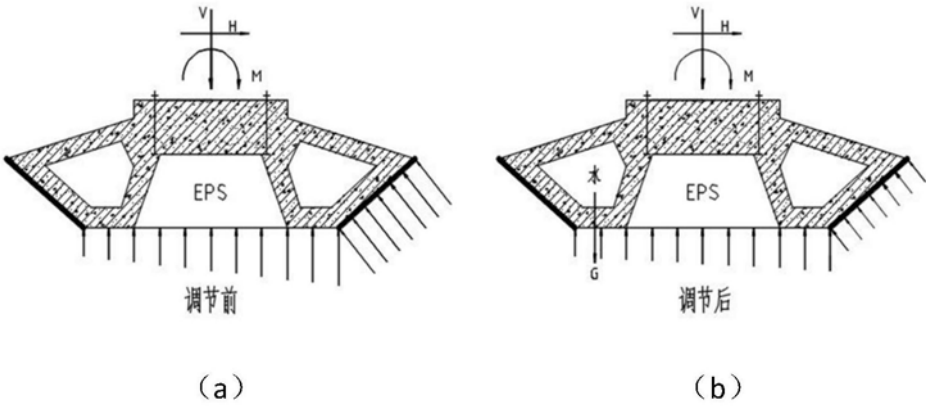


图4