(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107143467 B
(45)授权公告日 2018.08.31

(21)申请号 201710429710.X

(22)申请日 2017.06.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107143467 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(73)专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街29号

(72)发明人 柯世堂 徐璐 王浩 朱鹏 杜凌云 余玮 余文林 王晓海

(74)专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司 32252
代理人 戴朝荣

(51)Int.Cl.
F03D 13/20(2016.01)
G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件
CN 201276864 Y,2009.07.22,
CN 101566122 A,2009.10.28,
CN 102777333 A,2012.11.14,
CN 202732240 U,2013.02.13,
CN 105545608 A,2016.05.04,
CN 102536681 A,2012.07.04,
DE 102014219482 A1,2016.03.31,
DE 102010012094 B3,2011.11.10,
CN 204041365 U,2014.12.24,
CN 202543957 U,2012.11.21,
CN 106704107 A,2017.05.24,

审查员 赵银凤

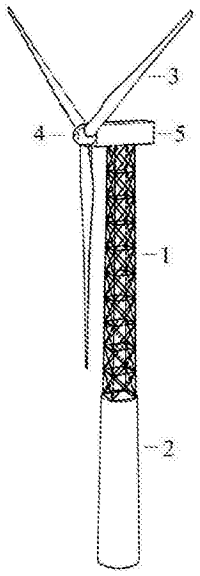
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法，塔架由桁架和混凝土塔筒组合而成，所述塔架上部是由桁架构成的四棱柱体结构，下部为圆台式混凝土结构；所述桁架的四棱柱体结构在与下部圆台式混凝土结构交接处采用焊接形式与其混凝土内部钢筋进行连接，所述桁架上部与机舱交接处通过焊接在机舱底部的吸盘固定；所述桁架的四棱柱体结构的垂直长度比叶片长5-10m；所述钢-混塔架系统气动性能采用计算流体动力学方法进行模拟，并与未优化的塔架结构的气动力数据进行对比，最终确定风力机体系气动性能的最优系统方案，该系统显著降低结构自重，可运用于8MW级以上的大型风力机体系。



CN 107143467 B

1.一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，塔架由桁架和混凝土塔筒组合而成，其特征在于：所述塔架上部是由桁架构成的四棱柱体结构，下部为圆台式混凝土结构；所述桁架的四棱柱体结构与下部圆台式混凝土结构交接处采用焊接形式与其混凝土内部钢筋进行连接，所述桁架上部与机舱交接处通过焊接在机舱底部的吸盘连接固定；所述桁架的四棱柱体结构的垂直长度比叶片长5-10m；所述钢-混塔架系统气动性能采用计算流体动力学方法进行模拟，并与未优化的塔架结构的气动力数据进行对比，最终确定风力机体系气动性能的最优系统方案。

2.根据权利要求1所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：所述桁架由若干个无多余自由度的空间静定结构组成。

3.根据权利要求1所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：所述桁架与下部混凝土塔筒连接时，先与塔筒内部钢筋焊接并采用固定连接件进行加固。

4.根据权利要求1所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：所述桁架上部与焊接在机舱底部的吸盘固定时，先将桁架与吸盘焊接并采用固定连接件进行加固。

5.根据权利要求1所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：所述吸盘为钢材所制的圆形或椭圆形结构。

6.根据权利要求3所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：所述固定连接件均采用螺栓连接，形成自锚固体系。

7.根据权利要求1所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：所述采用计算流体动力学方法进行模拟为：

a)建立数学模型，包括建立控制方程和确定边界条件及初始条件两个方面；

b)确定离散化方程，采用数值方法求解控制方程是先将控制方程在空间区域上进行离散，然后对离散方程组进行求解，包括划分计算网格、建立离散方程和离散边界条件及初始条件；

c)对流场进行求解计算，包括给定求解控制参数、求解离散方程和判断解的收敛性；

d)显示计算结果，采用线值图、矢量图、等值线图、流线图或云图显示。

8.根据权利要求1-7任一项所述的提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，其特征在于：该系统显著降低结构自重，可运用于8MW级以上的大型风力机体系。

一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风电系统的建筑技术领域和大型高耸结构抗风技术领域，具体涉及一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法。

背景技术

[0002] 作为风能发电的主要构筑物，风力机逐渐朝着大功率化发展，随之而来的风致破坏问题愈加突出，而叶片对塔架干扰效应是风致破坏的重要原因之一。

[0003] 强风作用下风力机体系处于停机状态，叶片的停机位置将显著影响塔架气动性能。研究表明当上游叶片旋转至与塔架完全重合时，来流受叶片的遮挡分离并在叶片背风面出现旋涡脱落，进而导致叶片出现挥舞、摆振现象，甚至导致结构整体失稳倒塌。此外，风力机大型化的发展趋势导致结构自重增加，产生的风致失稳问题也是制约风力机体系大型化发展的瓶颈问题。

[0004] 就目前来说，如何减弱叶片对塔架的气动干扰是亟待解决的问题之一。当叶片处于不遮挡塔架的停机位置时，虽能减弱叶片对塔架的干扰作用，但并未改变气流的流向，而是使其直接作用于塔架迎风面，必然导致塔架上部迎风面正压过大，进而产生一系列的风致破坏问题；但叶片停机位置的不可控导致并不能从根本上提高风力机体系的气动性能。

发明内容

[0005] 针对现有技术缺陷与工程实际难题，本发明提供了一种施工方便、构造简单、能显著提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法。

[0006] 本发明提供的技术方案是：

[0007] 一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统，塔架由桁架和混凝土塔筒组合而成，所述塔架上部是由桁架构成的四棱柱体结构，下部为圆台式混凝土结构；所述桁架的四棱柱体结构在与下部圆台式混凝土结构交接处采用焊接形式与其混凝土内部钢筋进行连接，所述桁架上部与机舱交接处通过焊接在机舱底部的吸盘固定；所述桁架的四棱柱体结构的垂直长度由叶片长度确定，要求垂直长度比叶片长5-10m左右；所述钢-混塔架系统气动性能采用计算流体动力学方法进行模拟，并与未优化的塔架结构的气动力数据进行对比，最终确定风力机体系气动性能的最优系统方案。

[0008] 所述桁架由若干个无多余自由度的空间静定结构组成。

[0009] 所述桁架与下部混凝土塔筒连接时，先与塔筒内部钢筋焊接并采用固定连接件进行加固。

[0010] 所述桁架上部与焊接在机舱底部的吸盘固定时，先将桁架与吸盘焊接并采用固定连接件进行加固。

[0011] 所述吸盘均为钢材所制的圆形或椭圆形结构。

[0012] 所述固定连接件均采用螺栓连接，形成自锚固体系。

[0013] 所述采用计算流体动力学方法进行模拟为：

[0014] a)建立数学模型，包括建立控制方程和确定边界条件及初始条件两个方面，该模型能够反映工程问题或者物理问题中各个量之间关系的控制方程及相应的定解条件；

[0015] b)确定离散化方程，采用数值方法求解控制方程是先将控制方程在空间区域上进行离散，然后对离散方程组进行求解，包括划分计算网格、建立离散方程和离散边界条件及初始条件；

[0016] c)对流场进行求解计算，包括给定求解控制参数、求解离散方程和判断解的收敛性；

[0017] d)显示计算结果，采用线值图、矢量图、等值线图、流线图或云图显示。

[0018] 该系统显著降低结构自重，可运用于8MW级以上的风力机体系。

[0019] 有益效果：

[0020] 本发明提出了一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法，可有效提高结构气动性能，桁架结构的应用显著减小了结构自重，可广泛应用于8MW级以上大型风力机体系，此外钢桁架具有强度高、整体性和耐久性好以及变形能力强等优点，且设计、制作、安装简便，适合推广使用。

附图说明

[0021] 图1为本发明风力机的整体结构示意图。

[0022] 图2为本发明风力机桁架式塔架与混凝土塔架连接部位示意图。

[0023] 图3为本发明风力机桁架式塔架与机舱连接部位示意图。

[0024] 图4为本发明螺栓结构示意图。

[0025] 图5为本发明风力机与传统风力机速度流线对比图(左图为钢-混塔架风力机体系速度流线图，右图为钢结构塔筒风力机体系速度流线图)。

[0026] 图6为本发明风力机与传统风力机湍动能对比图(左图为钢-混塔架风力机体系湍动能图；右图为钢结构塔筒风力机体系湍动能)。

具体实施方式

[0027] 下面结合具体实施例对本发明作进一步说明。

[0028] 一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法，上部桁架的高度由设计所需的叶片长度来确定，来流气流可经空隙从上部塔架穿过；在确定好下部混凝土塔筒和上部桁架塔筒高度后进行下部塔筒的建造，混凝土浇筑高度在实际筒高下部的2m位置处；将上部桁架与下部塔筒伸出的钢筋进行焊接并用固定连接件进行加固，然后将2m未浇筑混凝土的下部塔筒重新浇筑；上部桁架与机舱连接时先与椭圆形吸盘采用固定连接件加固，形成自锚体系，椭圆形吸盘与机舱采用焊接的形式固定。

[0029] 如图1至图4所示，基于上述方法的一种提高风力机气动性能的钢-混塔架系统及方法，其结构体系由上部桁架式塔架1、下部混凝土塔架2、叶片3、轮毂4和机舱5等部分组成。所述塔架由桁架和混凝土塔筒组合而成，塔架上部是四棱柱体，下部是圆台式混凝土结构，如图1所示；所述四棱柱体高度由叶片长度确定，要求垂直高度要比叶片长5-10m左右；所述桁架在与下部塔架交接处采用焊接形式与其混凝土内部钢筋进行连接，所述桁架上部与机舱交接处通过焊接在机舱底部的吸盘固定，见图2-4；所述钢-混塔架系统气动性能采

用计算流体动力学方法进行分析，并与未优化的塔架结构的气动力数据进行对比，最终确定最优系统方案。

[0030] 所述采用计算流体动力学方法进行模拟为：

[0031] a)建立数学模型，包括建立控制方程和确定边界条件及初始条件两个方面，该模型能够反映工程问题或者物理问题各个量之间关系的控制方程及相应的定解条件；

[0032] b)确定离散化方程，采用数值方法求解控制方程是先将控制方程在空间区域上进行离散，然后对离散方程组进行求解，包括划分计算网格、建立离散方程和离散边界条件及初始条件；

[0033] c)对流场进行求解计算，包括给定求解控制参数、求解离散方程和判断解的收敛性；

[0034] d)显示计算结果，采用线值图、矢量图、等值线图、流线图或云图显示。

[0035] 该系统显著降低结构自重，可运用于8MW级以上的风力机体系。

[0036] 实施例1

[0037] 本实施例以国内某3MW大型水平轴风力机(叶片翼展长44.5m)为例，如图1所示，根据已知的叶片长度确定上部桁架的高度，规定桁架垂直高度比叶片长6m，本实施例中采用高度为50m的四棱柱体桁架，来流气流可经空隙从上部塔架穿过，用于减弱塔架对气流的阻隔效应和叶片对塔架的遮挡效应，并减小整体结构自重；确定好下部混凝土塔筒和上部桁架塔筒高度后进行下部塔筒的建造，混凝土浇筑高度在实际筒高下部的2m位置处；将上部桁架与下部塔筒伸出的钢筋进行焊接并用固定连接件7进行加固，固定连接件7与安装在下部塔筒的吸盘6固定，如图2所示，然后将2m未浇筑混凝土的下部塔筒重新浇筑，用于降低结构重心并保证塔筒结构的整体稳定性；上部桁架与机舱连接时先与椭圆形吸盘8采用固定连接件9加固，形成自锚体系，如图3所示，椭圆形吸盘与机舱采用焊接的形式固定。桁架式塔架相对于现有的钢结构塔架具有质量轻、施工快捷等优点。桁架式塔架的设置不仅可提高风力机体系的气动性能，还显著降低结构自重，可顺应风力机体系大型化发展的趋势。

[0038] 本实施例通过对传统的和具有钢-混塔架系统的风力机体系进行数值模拟，对比验证了钢-混塔架系统的优越性，图5和图6给出了采用上述计算流体动力学方法进行模拟得到的钢结构塔架和钢-混塔架速度流线和湍动能对比示意图。由图可知，与传统的风力机体系相比，钢-混塔架系统的应用使得来流直接经桁架空隙穿过，未在叶片对塔架遮挡部位形成显著的压力附着区，且桁架式塔架背风区也未出现压力附着区。

[0039] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例，并非对本发明作任何形式上的限制，任何熟悉本专业的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围内，依据本发明的技术实质，对以上实施例所作的任何简单的修改、等同替换与改进等，均仍属于本发明技术方案的保护范围之内。

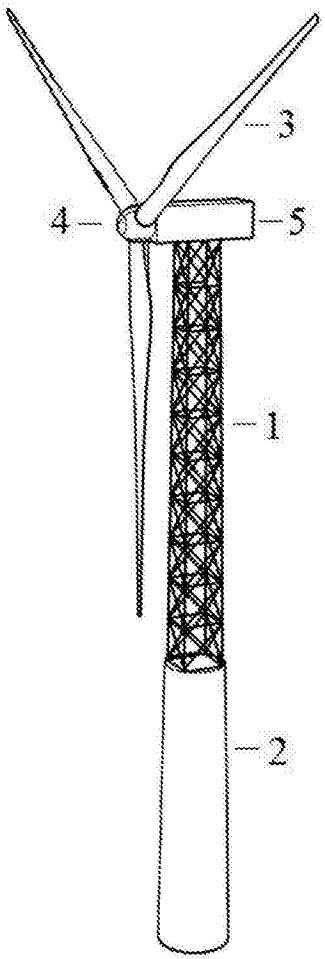


图1

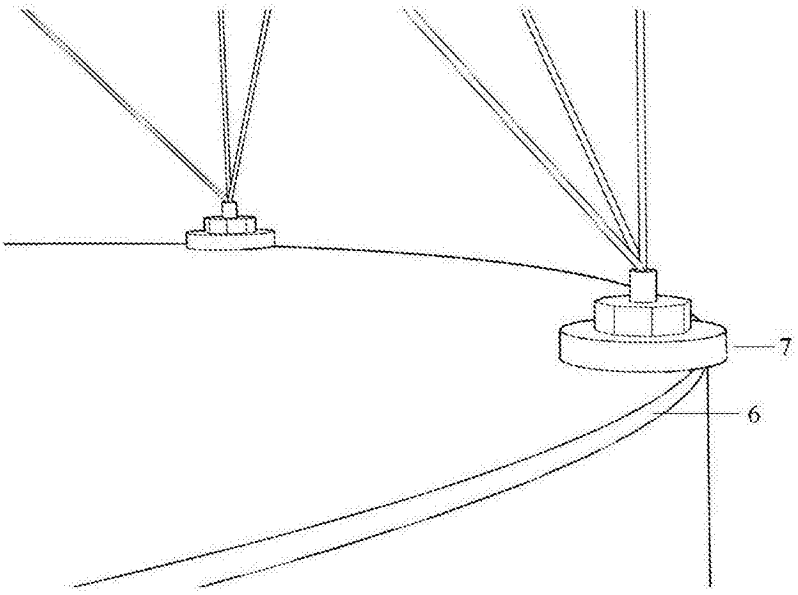


图2

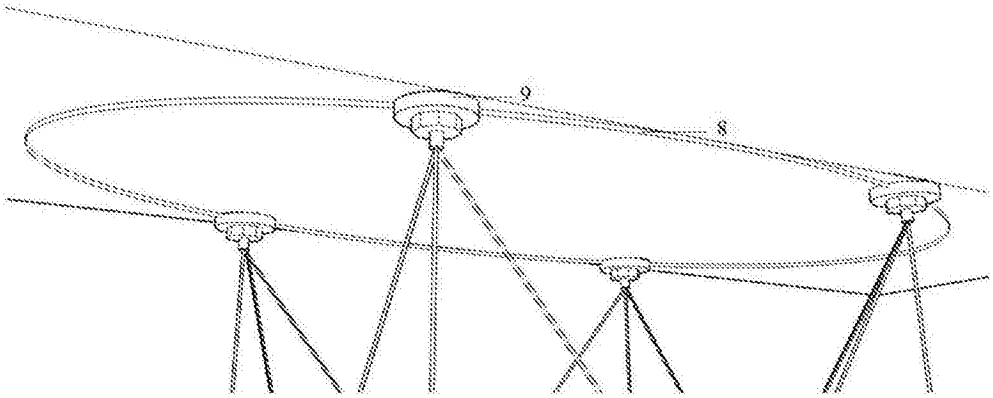


图3

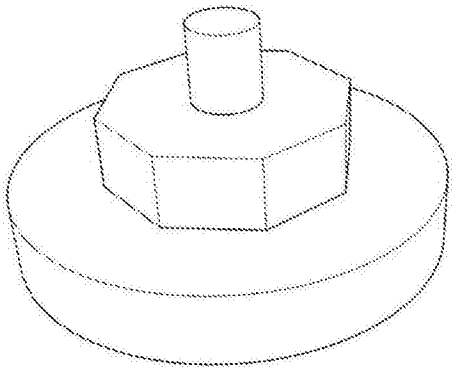


图4

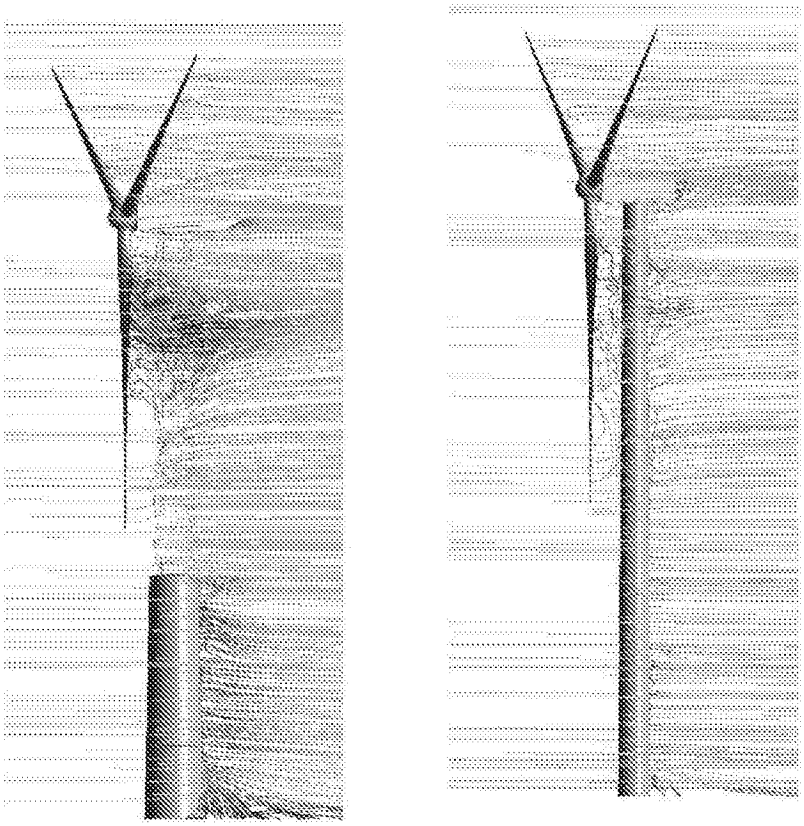


图5

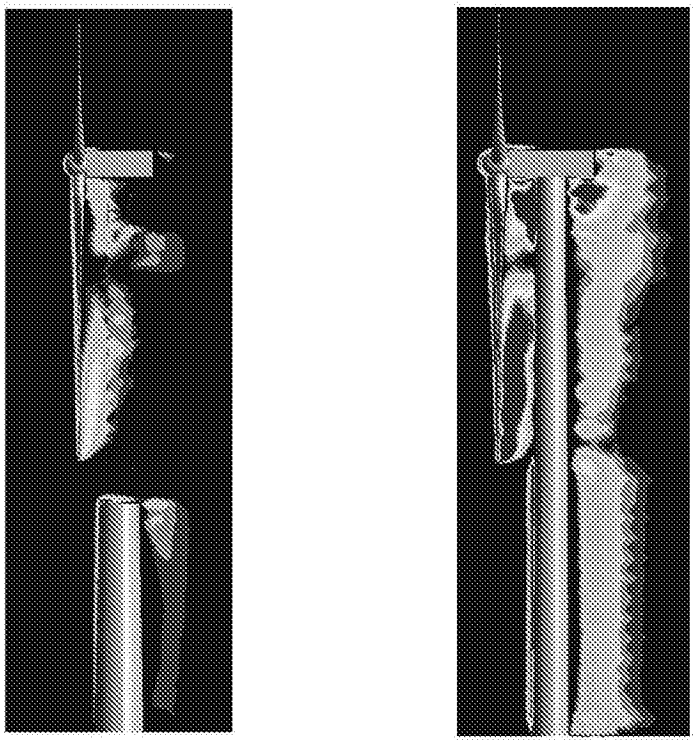


图6