

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F03D 9/00 (2006.01)

F03D 11/04 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820080155.0

[45] 授权公告日 2009年3月18日

[11] 授权公告号 CN 201209520Y

[22] 申请日 2008.4.23

[21] 申请号 200820080155.0

[73] 专利权人 中国科学院工程热物理研究所

地址 100080 北京市北四环西路 11 号

[72] 发明人 黄典贵 孙小磊 杨科 石可重

毛火军 徐建中

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 周国城

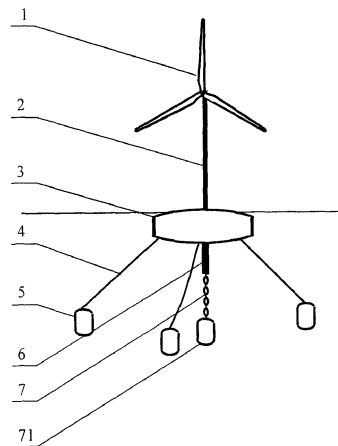
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

一种防翻倾悬浮式风电机组

[57] 摘要

本实用新型一种防翻倾悬浮式风电机组，涉及风力发电技术，包括风轮、塔架、浮子、斜拉钢缆、平衡杆及正拉弹性钢缆，将风力机固定在浮子上，浮子用具有一定弹性的斜拉钢缆系在海底的斜拉混凝土墩上，平衡杆固定在浮子的正下方，平衡杆下端用正拉弹性钢缆系在其正下方的海底正拉混凝土墩上，一旦风速较高，机组倾斜较大，正拉弹性钢缆被拉伸，产生拉力 F ，这一拉力 F 将迫使机组恢复到正常位置。本实用新型的悬浮式风电机组具有防翻倾功能，使得海上悬浮式风力发电机组在风速较高的工况下运行时，能够避免风电机组的整体翻倾甚至毁机事故，提高了海上悬浮式风电机组的运行安全性能。



1、一种防翻倾悬浮式风电机组，包括风轮、塔架、浮子、斜拉钢缆，风轮、塔架构成的风力电机固定在浮子上，浮子用具有一定弹性的斜拉钢缆系在海底的斜拉混凝土墩上，其特征在于，还包括平衡杆、正拉弹性钢缆及正拉混凝土墩，平衡杆上端固定在浮子的正下方，平衡杆下端用正拉弹性钢缆系在其正下方的海底正拉混凝土墩上。

一种防翻倾悬浮式风电机组

技术领域

本实用新型涉及一种风力发电机组，特别是一种利用平衡杆及正拉弹性钢缆防翻倾悬浮式风电机组。

背景技术

随着我国经济的快速发展，能源和环境的矛盾日益突出，保护生态环境，促进资源节约型、环境友好型社会的建设，是我国经济增长方式转变的重要内容。风能是可再生能源中发展最快的清洁能源，也是最具有大规模开发和商业化发展前景的发电方式。到2007年底，我国的风电装机容量已经达到500万kW，仅用两年时间就实现了十一五规划制定的五年目标。我国海上风能资源丰富，10米高度可利用的近海风能资源约7.5亿kW，是陆上风资源的三倍，随着海上风电技术的逐渐成熟及成本的下降，海上风能必然会成为我国将来能源结构中的重要组成部分。

与陆上风电相比，海上风电的研究起步较晚。目前，美国、丹麦、瑞典、德国、英国、法国、荷兰、比利时以及日本等国家都正在进行海上风电的研究。悬浮式风电机组安装简单、便于迁移，制造与安装成本只是海上塔架式风电机组的三分之一左右。

图1(a)是目前使用较多的一种典型的悬浮式风力发电机组示意图。其中，风轮1、塔架2、浮子3、斜拉钢缆4、斜拉混凝土墩5。风轮1、塔架2构成的风力电机固定在浮子3上，浮子3用具有一定弹性的三根斜拉钢缆4分别系在海底的三块斜拉混凝土墩5上，弹性斜拉钢缆4允许浮子3在水平方向上有少许的漂移。这种悬浮式风电机组的重心设计在水面以下，以保证机组在轻微的倾斜条件下不会翻倾。但是，一旦风速过大，导致机组的倾斜偏大，很容易发生风电

机组的整体翻倾甚至毁机事故，如图 1(b) 所示。

实用新型内容

为了克服现有技术存在的缺陷，本实用新型的目的在于实现悬浮式风电机组的安全运行，为此，公开一种具有平衡杆及正拉弹性钢缆结构的防翻倾悬浮式风电机组。

为达到上述目的，本实用新型的技术解决方案是：

一种防翻倾悬浮式风电机组，包括风轮、塔架、浮子、斜拉钢缆，风轮、塔架构成的风力电机固定在浮子上，浮子用具有一定弹性的斜拉钢缆系在海底的混凝土墩上，其还包括平衡杆、正拉弹性钢缆及正拉混凝土墩，平衡杆上端固定在浮子的正下方，平衡杆下端用正拉弹性钢缆系在其正下方的海底混凝土墩上，利用平衡杆、正拉弹性钢缆及正拉混凝土墩，使得悬浮式风电机组具有防翻倾功能。

本实用新型与现有技术相比较，具有如下显而易见的实质性特点和显著优点：防翻倾悬浮式风电机组漂浮在海上，风速过大导致机组的倾斜偏大，此时，正拉弹性钢缆被拉伸，产生如图 2(b) 所示的拉力 F ，这一拉力 F 将迫使机组恢复到正常位置，可有效防止风电机组的整体翻倾及毁机事故的发生，提高了风电机组的运行安全性能。

附图说明

图 1 是一种悬浮式风电机组示意图；其中：

图 1 (a) 是正常状态下的悬浮式风电机组示意图；

图 1 (b) 是倾倒状态下的悬浮式风电机组示意图；

图 2 是本实用新型的防翻倾悬浮式风电机组示意图；其中：

图 2 (a) 是本实用新型正常状态下的悬浮式风电机组示意图；

图 2 (b) 是本实用新型在倾倒状态下的悬浮式风电机组示意图；

图 3 是一种悬浮式风电机组翻倾示意图；

图 4 是本实用新型的防翻倾悬浮式风电机组的防翻倾示意图。

具体实施方式

下面将结合附图对本实用新型加以详细说明，应指出的是，所描述的实施例仅在便于对本实用新型的理解，而对其不起任何限定作用。

如图2(a)所示为本实用新型的一种防翻倾悬浮式风电机组结构示意图，其中：风轮1、塔架2、浮子3、斜拉钢缆4、混凝土墩5、平衡杆6、正拉弹性钢缆7、正拉混凝土墩71。风轮1、塔架2构成的风力电机固定在浮子3上，浮子3用具有一定弹性的多根斜拉钢缆4分别系在海底的斜拉混凝土墩5上，平衡杆6上端固定在浮子3的正下方，平衡杆6下端用正拉弹性钢缆7系在其正下方的海底正拉混凝土墩71上。

悬浮式风电机组在运行时会发生倾斜，如图3所示，图中 α 为倾斜角度。当风速偏大时倾角 α 过大，导致风电机组翻倾造成毁机事故。根据风电机组的设计参数及运行时的气动载荷分布，可以计算出倾角 α 。

图3是现有的一种悬浮式风电机组发生翻倾事故示意图，所示是没有增加平衡杆6、正拉弹性钢缆7和正拉混凝土墩71的防翻倾结构的一种现有悬浮式风电机组，在来流风速较大时，机组会发生翻倾。

图4是本实用新型的防翻倾悬浮式风电机组的防翻倾示意图，所示防翻倾悬浮式风电机组增设了平衡杆6、正拉弹性钢缆7和正拉混凝土墩71的防翻倾结构，当风速较大时，风电机组发生倾斜，倾角 α 过大，正拉弹性钢缆7被拉伸，产生如图4所示的拉力F，这一拉力F将迫使机组恢复到正常位置，这种风电机组具有很好的防翻倾性能，大大提升了风电机组的运行安全性能。

本实用新型的防翻倾悬浮式风电机组中，平衡杆的长度 l 表示为：

$$l = a \times L$$

式中， L 为浮子到海底距离， a 为根据防翻倾悬浮式风电机组的设计参数及其运行工况计算得到的一个系数， a 的取值范围为 $10^{-10} \sim 1.5$ 。 a 的具体数字由下式确定：

$$a = \beta \frac{\rho V H}{G(H+L)} \quad (1)$$

正拉弹性钢缆的长度 h 表示为:

$$h = \gamma(L-l) \quad (2)$$

上 (1)、(2) 两式中, β 为系数 $\beta = 0.1 \sim 1.5$; γ 为系数 $\gamma = 1.0 \sim 1.1$; ρ 为海水密度, 单位 t/m^3 ; V 为浮子的体积, 单位: m^3 ; H 为塔架高度, 单位: m ; G 为风电机组重量, 单位: t ; L 为浮子到海底距离, 单位: m 。

本实用新型的一种防翻倾悬浮式风电机组的防翻倾结构制作方法, 其包括如下步骤:

步骤 1: 平衡杆固定在浮子的正下方, 并根据防翻倾悬浮式风电机组的设计参数及其运行工况计算平衡杆的长度;

步骤 2: 正拉弹性钢缆上端链接平衡杆下端, 下端固定在平衡杆正下方的海底正拉混凝土墩上, 并根据防翻倾悬浮式风电机组的设计参数及其运行工况计算正拉弹性钢缆的长度。

实施例 1: 本发明的一个防翻倾悬浮式风电机组, 重 $17t$, 塔架高 $70m$, 浮子的体积为 $22m^3$, 海水密度为 $1.03t/m^3$, 浮子到海底距离为 $20m$, 设计目标中, 在风轮转速 75 转/分, 扫风面积 $8000m^2$, 来流风速 $50m/s$ 的工况下风电机组不会发生翻倾事故。

根据防翻倾悬浮式风电机组的设计参数及其运行工况, 由

$$a = \beta \frac{\rho V H}{G(H+L)}$$

本实施例中, $\beta = 0.1$, $\gamma = 1.0$ 计算得到的系数 $a = 0.104$, 则平衡杆的长度 $l = 0.104L$, 正拉弹性钢缆的长度 $h = \gamma(L-l) = 0.896L$ 。这样风电机组在运行过程中, 当倾角为 $\alpha = 20^\circ$ 时, 正拉弹性钢缆 7 将产生拉力 F , 这一拉力 F 将迫使机组恢复到正常位置, 保证了风电机组的运行安全性。

实施例 2: 本发明的一个防翻倾悬浮式风电机组, 重 $25t$, 塔架高 $50m$, 浮子的体积为 $27m^3$, 海水密度为 $1.03t/m^3$, 浮子到海底距离为 $100m$, 设计目标中, 在风轮转速 75 转/分, 扫风面积 $8000m^2$, 来流风

速 $50m/s$ 的工况下风电机组不会发生翻倾事故。

根据防翻倾悬浮式风电机组的设计参数及其运行工况，由

$$a = \beta \frac{\rho V H}{G(H+L)}$$

本实施例中， $\beta = 1.5$ ， $\gamma = 1.05$ 计算得到的系数 $a = 0.556$ ，则平衡杆的长度 $l = 0.556L$ ，正拉弹性钢缆的长度 $h = \gamma(L-l) = 0.466L$ 。这样风电机组在运行过程中，当倾角为 $\alpha = 20^\circ$ 时，正拉弹性钢缆 7 将产生拉力 F ，这一拉力 F 将迫使机组恢复到正常位置，保证了风电机组的运行安全性。

以上所述，仅为本实用新型中的具体实施方式，但本实用新型的保护范围并不局限于此，任何熟悉该技术的人在本实用新型所揭露的技术范围内，可做的变换或替换，都应涵盖在本实用新型的包含范围之内，因此，本实用新型的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

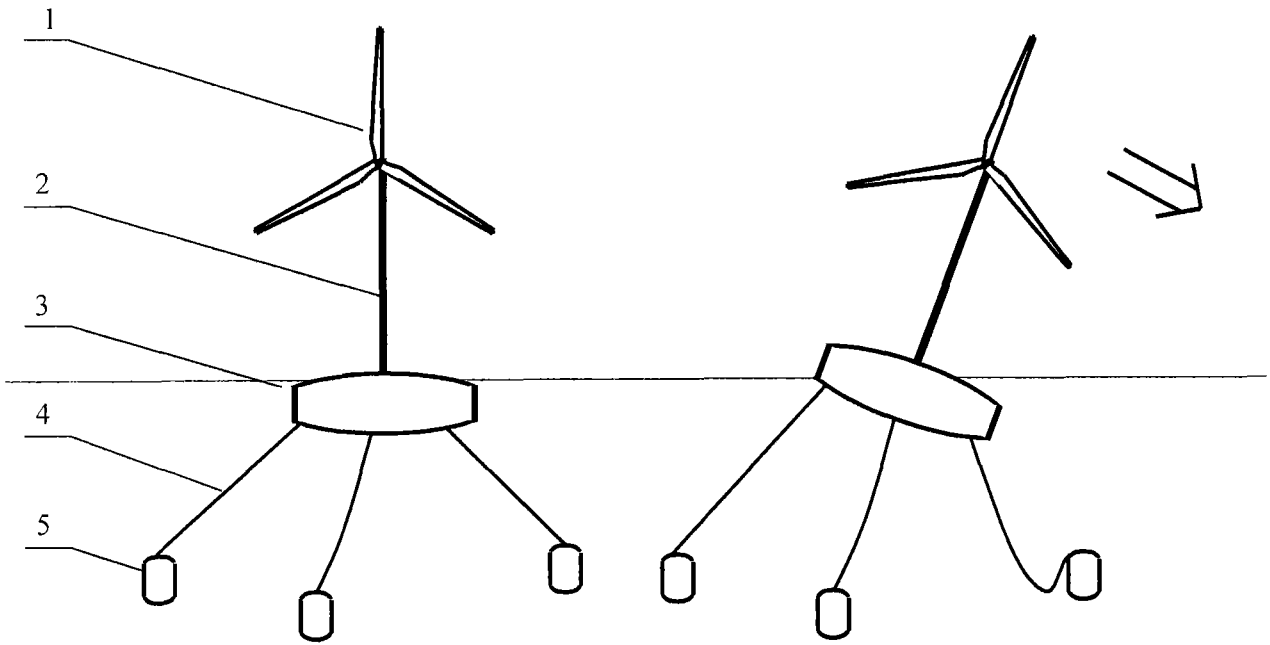
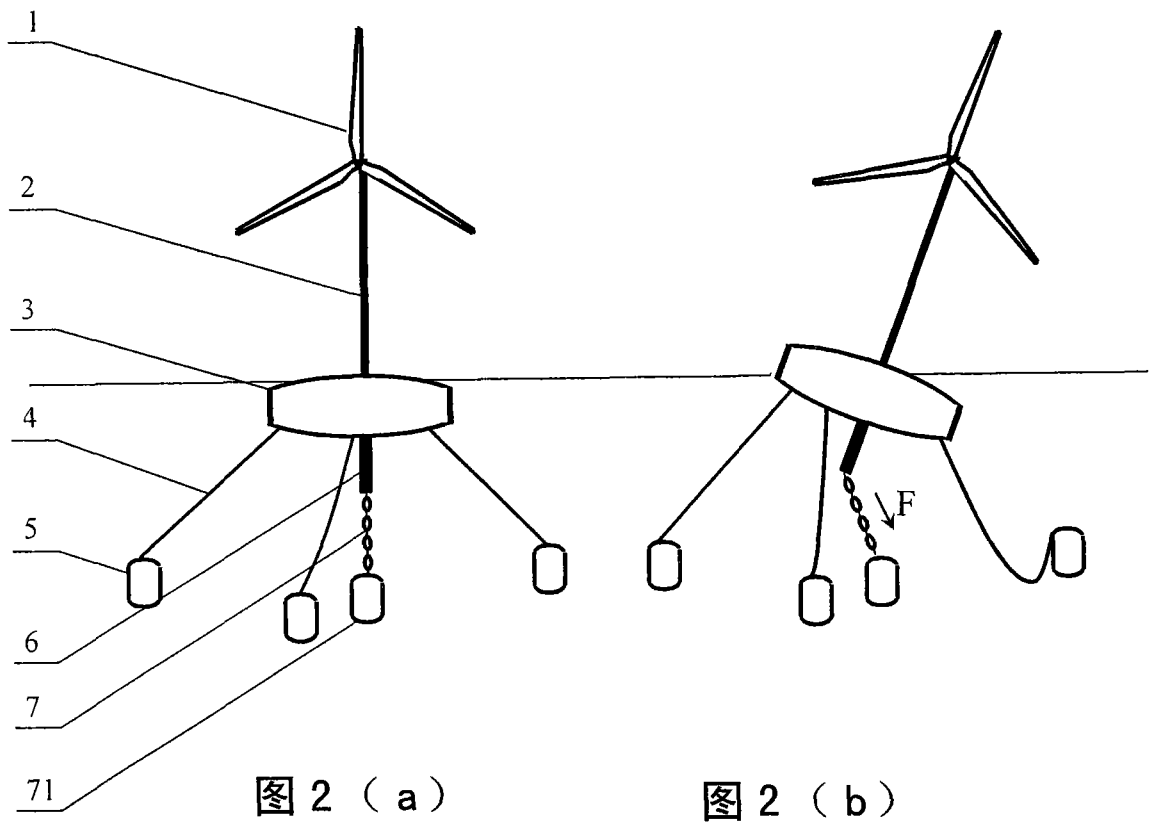


图 1 (a)

图 1 (b)



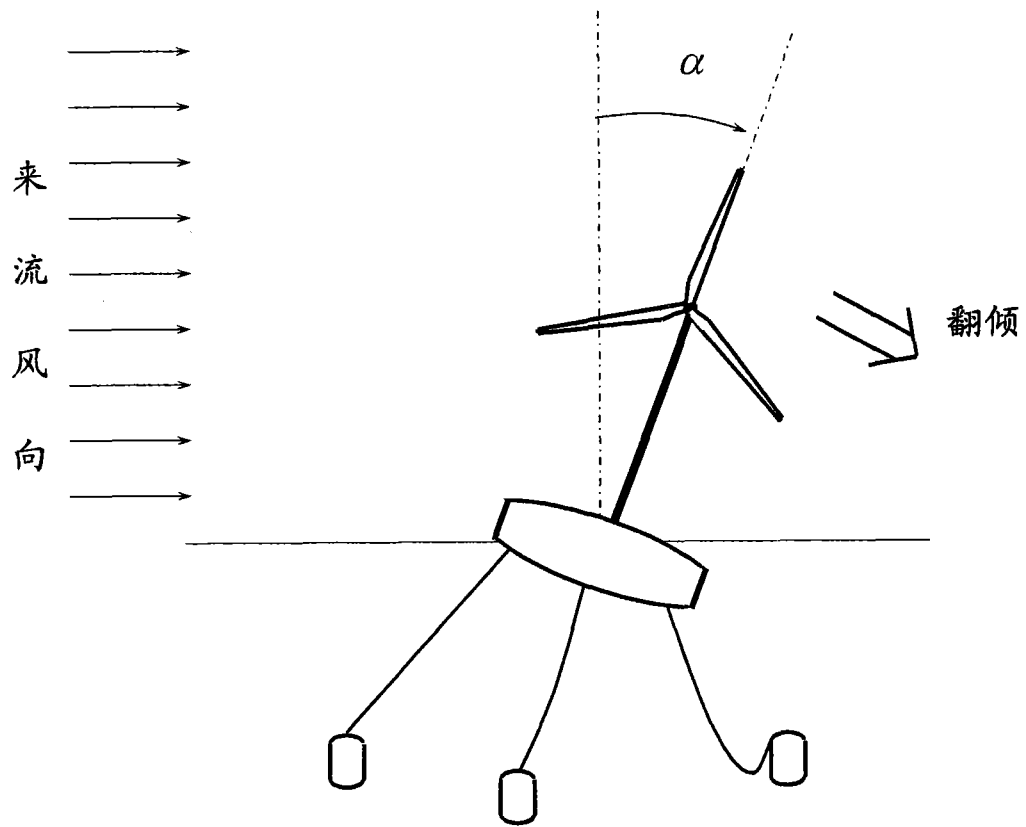


图 3

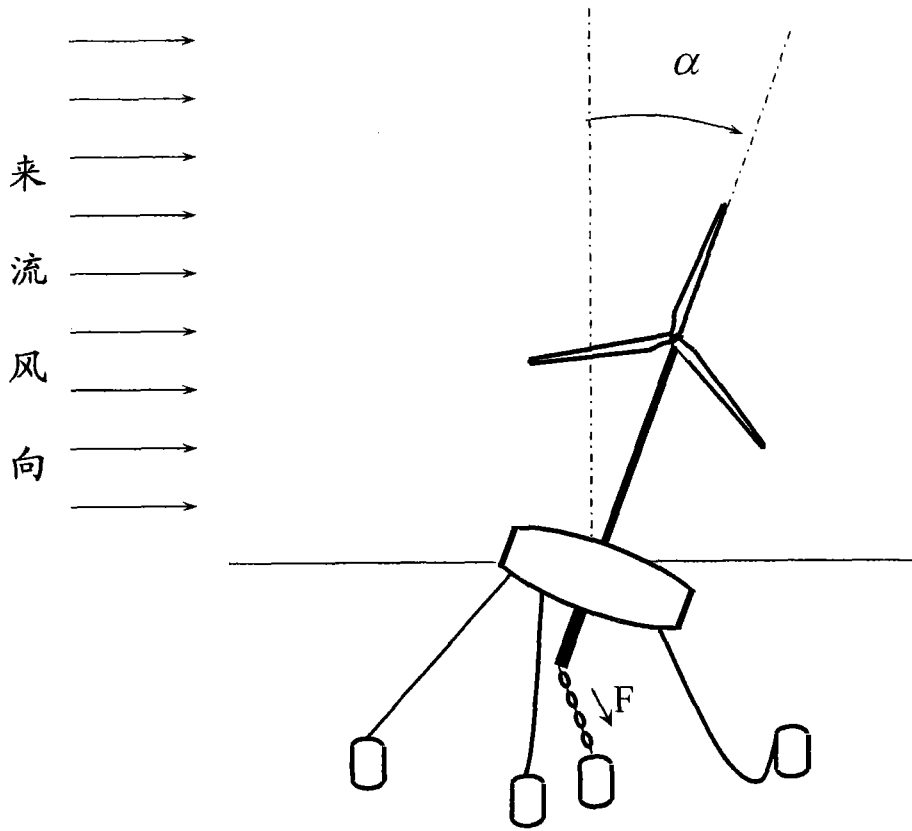


图 4