

[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] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410017010.2

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1308594C

[22] 申请日 2004.3.18

[21] 申请号 200410017010.2

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

[72] 发明人 杜朝辉 朱春建 欧阳华 竺晓程
胡丹梅

[56] 参考文献

CN2270125Y 1997.12.10

CN85203805U 1986.10.29

CN2312342Y 1999.3.31

US4362469A 1982.12.7

US4003676A 1977.1.18

WO02064974A1 2002.8.22

US4093402A 1978.6.6

CN1387610A 2002.12.25

DE10021850A1 2001.11.8

WO9509304A1 1995.4.6

审查员 韩薇

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 毛翠莹

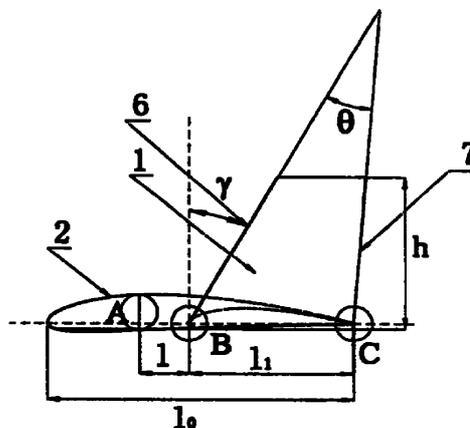
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

带有叶尖小翼的水平轴风力机

[57] 摘要

本发明涉及一种带有叶尖小翼的水平轴风力机，通过在风力机叶尖处安装小翼来提高风力机的效率和增加有效风能利用的径向带宽。小翼采用与风轮叶片相同的升力型叶型，安装于叶片的顶端，起到挡板的作用，改变了风力机叶尖的环量分布，减小了诱导阻力。小翼前缘位于叶尖叶片最大厚度后方，后缘位于叶尖叶片后缘处，使得小翼上的压力场刚好能够补充主叶片上产生的压力，从而避免叶尖附面层的分离，叶尖处小翼在外形上沿来流方向向后折，并且有一定程度的外撇，其压力面朝向风轮外侧，破坏和削弱了叶尖处对于风力机运行不利的叶尖涡，从而提高了该水平轴风力机的运行效率。本发明与现有的水平轴风力机相比具有更高的风能捕捉效率。



1、一种带有叶尖小翼的水平轴风力机，包括叶片（2）、机舱（3）、带整流罩的主传动轴（4）及塔架（5），其特征在于每个叶片（2）的叶顶处安装一个叶型和叶片相同的小翼（1），小翼（1）安装方向与来流方向一致，小翼压力面（10）朝向风轮外侧，小翼吸力面（8）朝向风轮轴心，小翼（1）的翼弦与叶片（2）顶端剖面翼型的翼弦重合；所述小翼（1）的小翼前缘（6）与风力机叶尖相交点（B）位于叶片叶型最大厚度（A）后，与最大厚度处距离（l）为该处叶片截面翼弦长（ l_0 ）的 1/10，小翼后缘（7）与风力机叶尖相交点（C）靠近该处叶片后缘；所述的小翼（1）安装反角 $\beta = 15^\circ \sim 20^\circ$ ，小翼后掠角 $\gamma = 30^\circ$ ，小翼削尖角 $\theta = 30^\circ \sim 50^\circ$ ，小翼高度（h）为风力机叶片半径的 10%，小翼最大厚度（ t_{max} ）与风力机叶片叶尖的最大厚度的比值与两者的翼弦长比值成比例关系，沿小翼展向，小翼厚度（t）与弦长按照小翼削尖角呈线性缩小。

带有叶尖小翼的水平轴风力机

技术领域

本发明涉及一种带有叶尖小翼的水平轴风力机，与现有的水平轴风力机相比具有更高的风能捕捉效率，属于风力发电设备技术领域。

背景技术

风能是一种干净的可再生能源。在当前人类对能源与环境问题日益关注的情况下，利用风能发电日益受到重视。世界风力发电总量逐年快速增长。我国的风能资源比较丰富，据统计，我国风能储量中的实际可开发总量为 2.53 亿千瓦，相当于我国发电总装机容量的 1.3 倍。对于水平轴风力机而言，其叶片叶尖处的流动受叶尖涡和叶轮后尾迹流动的影响，存在较大的损失。然而水平轴风力机叶尖部分升力产生的扭矩较大，其气动性能对于风力机的整体性能具有至关重要的影响。目前国内外均未见专门针对水平轴风力机叶尖效率提高的相关技术报道。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种带有叶尖小翼的水平轴风力机，有效改善风力机的气动性能，节约能源，提高效率。

为实现这样的目的，本发明在不对原有风力机叶片结构参数进行改动的前提下，通过在风力机叶尖处安装小翼来提高风力机的效率、增加有效风能利用的径向带宽。本发明的特征在于叶尖部分的改进——小翼的安装。本发明中的小翼采用与风轮叶片相同的升力型叶型，安装于叶片的顶端，以改变风力机叶尖的环量分布，减小诱导阻力。为达到补充叶尖上的压力的目的，小翼前缘位于叶尖叶片最大厚度后方，后缘位于叶尖叶片后缘处。小翼在外形上沿来流方向向后折，并且有一定程度的外撇，其压力面朝向风轮外侧，以分散尾涡，减小其强度。

本发明的水平轴风力机具体结构主要包括风轮、机舱和塔架，其中：

风轮：由3片升力型叶片、整流罩及主传动轴组成，用于捕获风能并将其转化为机械能输出。

机舱：位于塔架顶端，用来支撑风轮以及与风轮相联接的齿轮传动装置、发电机、调速装置及其调向机构。机舱内除了上述部件及装置外，还有配套的电气控制设备、液压泵等。

塔架：用来支撑风力机及机舱内各种设备，并使之离开地面一定高度，使风力机能处于良好的风况环境下运转。

本发明在每个叶片的叶尖部分安装一个改善风力机运行性能的小翼，小翼采用与风力机叶片相同的叶型、相同的材料，安装于叶片顶端。小翼安装方向与来流方向一致，其根部翼弦与叶片顶端剖面翼型的翼弦重合，压力面朝向风轮外侧，吸力面朝向风轮轴心。小翼高度约为风轮半径的1/10，折向叶轮后方，并有一定程度的外撇，小翼根部位于叶尖处风轮叶片最大厚度的后方，有一定程度的削尖和后掠。

水平轴风力机在运转时，来流经过风轮，在叶片尖部，由于压力差会产生由压力面向升力面流动的叶尖涡，但在本发明中，叶尖装有小翼，首先起到挡板作用，耗散了叶尖涡，改变了叶尖的环量分布。同时，小翼本身也为一升力型叶片，来流在小翼上所产生的尾涡在一定程度上能够与叶尖涡相互削弱。小翼安装于叶片最大厚度之后，小翼上产生的压力场能够补充叶尖上产生的压力场，避免了叶尖的过早的附面层分离，从而提高了叶尖处的气动效率。

本发明结构简单，设计合理，在保留原有风力机叶片结构参数的前提下，通过在风力机叶尖处安装小翼，改变了不利于风力机运行的叶尖流场。本发明的水平轴风力机比一般形式的水平轴风力机在效率上有一定的提高，有效风能利用径向带宽有所增加。

附图说明

图1为本发明的水平轴风力机整体结构示意图。

图1中，1—小翼，2—叶片，3—机舱，4—带整流罩的主传动轴，5—塔架。

图 2 为本发明小翼的安装部位示意图。

图 2 中，I 为来流方向，II 为风力机叶片绕主传动轴 4 的旋转方向。

图 3 为本发明小翼的结构示意图。

图 3 中，6—小翼前缘，7—小翼后缘，A—叶尖所在部位叶型最大厚度处，B—小翼前缘与叶片相交点，C—小翼后缘与叶片相交点。

图 4 为本发明小翼的侧向结构示意图。

图 4 中，8—小翼吸力面，9—叶片吸力面，10—小翼压力面，11—叶片压力面。

图中参数说明： β —反角； γ —后掠角； θ —削尖角； h —小翼高度； t —小翼厚度； l —小翼前缘和叶片相交点与该处叶片叶型最大厚度处的距离； l_0 —叶尖处叶片截面翼弦长； l_1 —小翼根部翼弦长。

具体实施方式

以下结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步描述。

本发明的整体结构如图 1 所示，主要由叶片 2、机舱 3、带整流罩的主传动轴 4、塔架 5 组成。其中机舱 3 中有齿轮传动装置、发电机、调速装置及其电气调向机构、电气控制设备、液压泵等。本发明设计的小翼 1 安装在叶片 2 的叶尖部分。

本发明特别设计的小翼与叶片安装连接如图 2 所示。小翼结构如图 3 图 4 所示。小翼 1 安装在叶片 2 的叶尖部分，其材料与叶片材料一致，其叶型采用和叶片 2 主体一致的升力型叶片，安装方向与来流方向 I 一致。小翼压力面 10 朝向风轮外侧，小翼吸力面 8 朝向风轮轴心。所以，小翼安装方向上可以认为小翼仍为风力机叶片的延伸，而将这个延伸部分沿来流方向后折一个角度。

小翼的位置：在风力机叶片顶端，叶片剖面翼型的翼弦与小翼翼弦重合。小翼的前缘 6 与风力机叶片 2 的叶尖相交点 B 位于叶尖叶型最大厚度后，与最大厚度处 A 的距离 l 约为该处叶片截面翼弦长 l_0 的 1/10。小翼后缘 7 与风力机叶片 2 的叶尖相交点 C 靠近该处叶片后缘。

小翼 1 与风力机叶片 2 叶尖的连接：可以是与叶片融合为一体，也可以外

加连接装置，但要以不破坏叶尖处及小翼附近的流场为前提。

小翼安装反角 β ：定义为小翼吸力面与叶尖叶型截面间的夹角， $\beta = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。小翼根部连接处与小翼主体应有平滑过渡。

小翼后掠角 γ ：定义为小翼前缘与叶型垂直面间的夹角， $\gamma = 30^\circ$ 。

小翼削尖角 θ ：由于小翼的弦长沿展向逐渐减小，定义小翼削尖角为小翼前缘与后缘间夹角。 $\theta = 30^\circ \sim 50^\circ$ 。

小翼高度 h ：定义为小翼翼梢到翼根间垂直距离，小翼高度 h 为风力机叶片半径的 10%。如图 3 所示。

小翼最大厚度 t_{max} ：在小翼的根部，小翼最大厚度 t_{max} 与风力机叶片叶尖的最大厚度的比值与两者的翼弦长比值 ($l_1 : l_0$) 成比例关系；沿小翼展向，小翼厚度 t 与弦长按照小翼削尖角呈线性缩小。如图 4 所示。

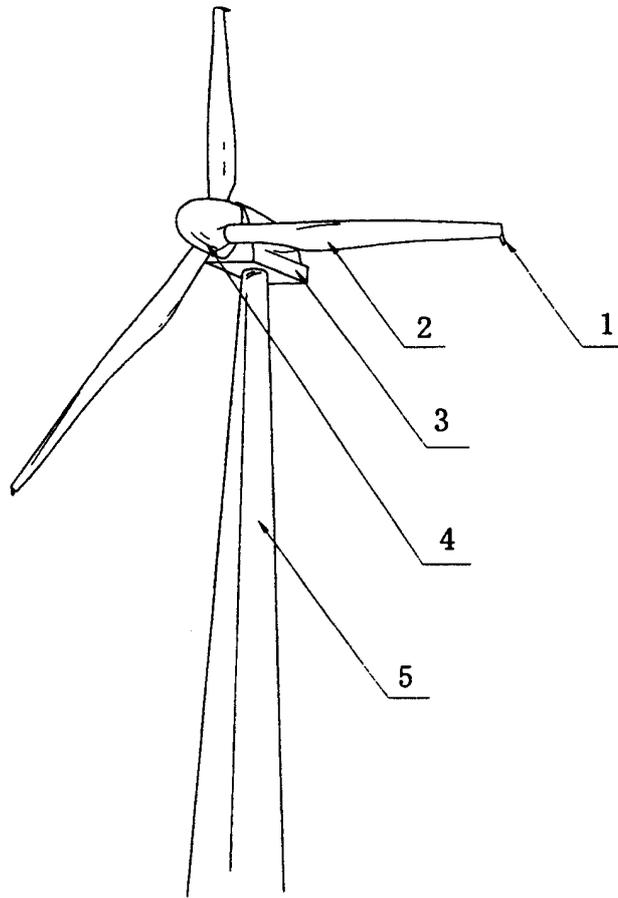


图 1

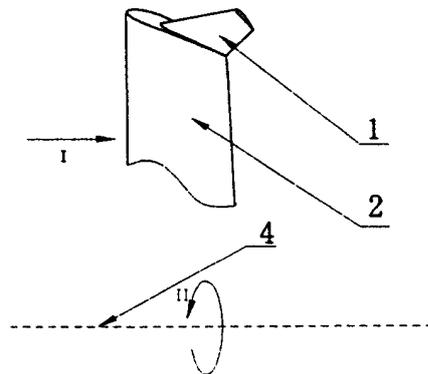


图 2

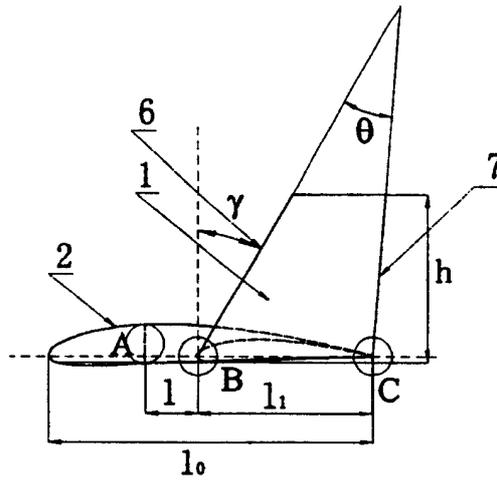


图 3

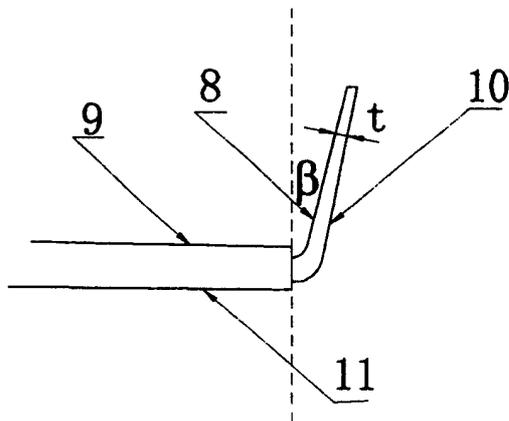


图 4