



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102011710 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201010554905. 5

WO 2009/121927 A1, 2009. 10. 08, 全文.

(22) 申请日 2010. 11. 23

EP 2187045 A1, 2010. 05. 19, 全文.

(73) 专利权人 南京航空航天大学

审查员 吴雨亭

地址 210016 江苏省南京市白下区御道街
29 号

(72) 发明人 许波峰 王同光

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 叶连生

(51) Int. Cl.

F03D 11/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2869370 Y, 2007. 02. 14, 全文.

CN 101737249 A, 2010. 06. 16, 说明书第

4-19 段, 第 25-35 段, 图 1-2.

CN 101300419 A, 2008. 11. 05, 全文.

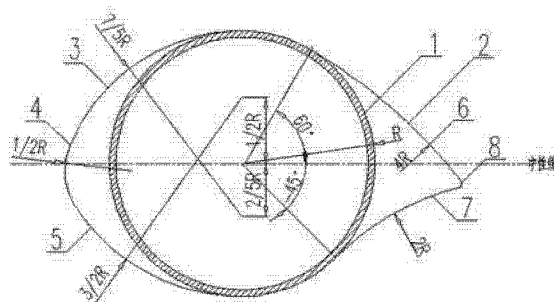
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种风力机叶片

(57) 摘要

本发明涉及一种风力机叶片,属风力发电领域。它由叶片前部和叶片后部构成,叶片前部即为叶尖部分到叶片最大弦长截面(12),叶片后部即为叶片最大弦长截面(12)到叶根部分;其特征在于:上述叶片后部由内往外依次包括用于叶根安装并承受叶片载荷的结构部件(9)和用于捕获风能的气动部件(10)组成;上述结构部件(9)与气动部件(10)之间为空腔;上述气动部件(10)的外形由叶片最大弦长处开始过渡至叶根气动翼型(2)处,具体过渡形式通过叶片前部各截面翼型与叶根气动翼型(2)放样得到。本发明可以充分利用风轮内部的风能,提高风能利用效率,增加风力机发电量风力机叶片。



1. 一种风力机叶片,由叶片前部和叶片后部构成,叶片前部即为叶尖部分到叶片最大弦长截面(12),叶片后部即为叶片最大弦长截面(12)到叶根部分;上述叶片后部由内往外依次包括用于叶根安装并承受叶片载荷的结构部件(9)和用于捕获风能的气动部件(10)组成;上述结构部件(9)与气动部件(10)之间为空腔;

其特征在于:上述气动部件(10)的外形由叶片最大弦长处开始过渡至叶根气动翼型(2)处,具体过渡形式通过叶片前部各截面翼型与叶根气动翼型(2)放样得到;

上述气动部件(10)的叶根气动翼型(2)弦长大于结构部件的叶根结构弦长,同时小于叶片最大弦长;

上述叶根气动翼型(2)的外形由以下方式决定:

叶根气动翼型外形由与结构型外形相切的5个相切圆弧组成,该5个圆弧依次定义为前缘上圆弧(3)、前缘圆弧(4)、前缘下圆弧(5)、后缘下圆弧(7)、后缘上圆弧(6);

其中前缘上圆弧(3)与结构型(1)外圆内切,前缘下圆弧(5)与结构型(1)外圆内切,前缘圆弧(4)与前缘上圆弧(3)和前缘下圆弧(5)都内切,后缘上圆弧(6)的圆心在过结构型(1)圆心且与中性线成 60° 的直线上,与结构型(1)外圆内切,后缘下圆弧(7)圆弧的圆心在过结构型(1)圆心且与中性线成 -45° 的直线上,与结构型(1)外圆外切;上述中性线指过结构型圆心,且垂直于前缘上圆弧(3)和前缘下圆弧(5)的圆心连线;

上述后缘下圆弧(7)和后缘上圆弧(6)衔接处形成尾缘厚度(8),尾缘厚度(8)为结构型(1)直径的 $0.5\% \sim 1\%$;

上述叶根气动翼型(2)的相对厚度小于100%。

2. 根据权利要求1所述的一种风力机叶片,其特征在于:

上述结构部件(9)和叶片前部为一整体;上述气动部件(10)在叶片最大弦长处与结构部件(9)及叶片前部固定连接。

3. 根据权利要求1所述的一种风力机叶片,其特征在于:

上述结构部件(9)的叶根结构型(1)是半径与叶根法兰半径一致的圆形。

一种风力机叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力机叶片,属风力发电领域。

背景技术

[0002] 可再生能源是解决能源危机的最佳途径,而风力发电又是可再生能源行业中发展最迅速、技术最成熟、前景最广阔的行业。我国幅员辽阔,风能资源十分丰富,随着科学技术的不断进步,风力发电的经济性不断改善,加之我国已把可再生能源作为我国能源战略的重要组成部分,风力发电拥有巨大的潜在市场。

[0003] 风力机叶片气动效率的高低决定了一款风力机在市场上的优劣,所以风力机叶片气动外形的设计是风力机设计的关键。现在市场主流的大型风力机叶片根部基本都是圆柱体,叶片根部至径向 1/5 左右处都是近似圆柱体,这样在风轮内部的风能都没有被利用,而且圆柱体对整个尾流流场也会产生影响。目前行业内都没有重视该问题,认为叶片根部线速度比较小,而且力臂也比较小,出不出力不会有太大影响。因此许多人对叶片的优化都局限于叶片的中部和尖部,不去考虑叶片的根部。利用风力机叶片气动外形优化经典理论即 Glauert 理论优化的结果在叶根有比较大弦长,但是处于结构和与轮毂连接上的考虑,实际叶片叶根采用圆柱体结构,弦长远小于优化结果。

[0004] 有不少专利是通过流动控制手段来提高叶片气动性能,如加襟翼、前缘带旋转圆柱体、射流控制等。对于现在已有的风力机叶片来讲,叶根的气动外形还有可优化可改造的余地,而且能够对提高风轮气动性能有很大作用,但目前国内还未见专门针对叶根设计的提高叶片气动性能的相关技术报道。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种可以充分利用风轮内部的风能,提高风能利用效率,增加风力机发电量风力机叶片。

[0006] 一种风力机叶片,由叶片前部和叶片后部构成,叶片前部即为叶尖部分到叶片最大弦长截面,叶片后部即为叶片最大弦长截面到叶根部分;其特征在于:上述叶片后部由内往外依次包括用于叶根安装并承受叶片载荷的结构部件和用于捕获风能的气动部件组成;上述结构部件与气动部件之间为空腔;上述气动部件的外形由叶片最大弦长处开始过渡至叶根气动翼型处,具体过渡形式通过叶片前部各截面翼型与叶根气动翼型放样得到。

[0007] 上述叶片前部的外形根据风力机叶片气动外形优化经典理论即 Glauert 理论得到,能够最大化地捕捉风能。叶片后部的结构部件设计准则是以叶片结构设计为主,气动部件设计准则是以叶片气动设计为主。这样的设计既能发挥叶根的风能捕捉能力,又能兼顾叶根强大的承载能力。

[0008] 一种风力机叶片,其特征在于:上述气动部件的叶根气动翼型弦长大于结构部件的叶根结构弦长,同时小于叶片最大弦长;叶根气动翼型的外形由以下方式决定:叶根气动翼型外形由与结构型外形相切的 5 个相切圆弧组成,该 5 个圆弧依次定义为前缘上圆

弧、前缘圆弧、前缘下圆弧、后缘下圆弧、后缘上圆弧；其中前缘上圆弧与结构型外圆内切，前缘下圆弧与结构型外圆内切，前缘圆弧与前缘上圆弧和前缘下圆弧都内切，后缘上圆弧的圆心在过结构型圆心且与中性线成 60° 的直线上，与结构型外圆内切，后缘下圆弧的圆心在过结构型圆心且与中性线成 -45° 的直线上，与结构型外圆外切；上述中性线指过结构型圆心，且垂直于前缘上圆弧和前缘下圆弧的圆心连线；上述后缘下圆弧和后缘上圆弧衔接处形成尾缘厚度，尾缘厚度为结构型直径的 $0.5\% \sim 1\%$ ；上述叶根气动翼型的相对厚度小于 100% 。

[0009] 叶根气动翼型的形状与一般的厚翼型类似，上下表面形状的不对称性产生弯度，提高气动性能。5个弧形表面的相切连接保证了表面形状曲率半径的连续性，后缘上下圆弧的圆心位置可以有变化，上述位置作为参考值，要保证翼型具有弯度。相对厚度根据实际风场情况而定，年平均风速较大的风场叶根气动翼型相对厚度大，反之则相对厚度小。尾缘厚度是由实际生产的工艺决定的，叶片上下尾缘粘接时必然会产生厚度，而且厚尾缘的翼型比尖尾缘的翼型性能会好。一般的叶片叶根都为圆形，叶片后部大部分为圆柱，风轮旋转时，叶片后部既不能捕捉风能，而且在叶片尾流区产出涡街，破坏流场。采用叶根气动翼型的气动部件既能捕捉风能，提供风能利用系数，又能改善流场。

[0010] 上述结构部件和叶片前部可以为一整体；然后气动部件在叶片最大弦长处与结构部件及叶片前部固定连接。这样的结构简单，且很容易实现。结构部件与叶片前部的整体性，保证了叶片传力的连续，满足结构设计准则。气动部件在外形确定单独制造后粘贴至结构部件上及叶片前部与后部交接处（即最大弦长处）。

[0011] 上述结构部件的叶根结构翼型可以是半径与叶根法兰半径一致的圆形。该结合便于安装。

[0012] 本发明应用范围较广。可以在叶片设计时叶片前部与后部综合考虑进行设计，也可以在现有圆柱叶根型叶片的基础上，单独设计叶片后部的气动部件，然后将气动部件粘贴至现有叶片上，即本发明可以对现有的叶片进行改造，来提高叶片的气动性能。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明实施例叶根翼型示意图。

[0014] 图 2 为本发明实施例正视图。

[0015] 图 3 为本发明实施例前视图。

[0016] 图 4 为利用本发明的实施例叶片与一般叶片的风能利用系数比较。

[0017] 图 5 为利用本发明的实施例叶片与一般叶片的推力系数比较。

具体实施方式

[0018] 图 1 ~ 图 5 为本发明一个实施例叶片的形状和性能。该叶片长度为 41 米，额定功率 1500kW，叶片最大弦长位置距叶根 7.5 米，叶根法兰直径为 1.89 米。

[0019] 参照图 1，为该实施例的叶根翼型，叶根翼型由结构型 1 和叶根气动翼型 2 组成。结构型 1 是半径为 R 的圆， R 由叶根连接法兰的半径确定，结构型 1 与法兰通过螺栓连接。叶根气动翼型 2 由结构型 1 的部分外形、5 个相切圆弧和尾缘厚度 8 组成，5 个相切圆弧分别为前缘上圆弧 3、前缘圆弧 4、前缘下圆弧 5、后缘上圆弧 6 和后缘下圆弧 7。前缘上圆弧

3 的圆弧圆心在结构型 1 圆心正下方 $2/5R$ 处, 圆弧半径为 $7/5R$, 与结构型 1 外圆内切。前缘下圆弧 5 的圆弧圆心在结构型 1 圆心正上方 $1/2R$ 处, 圆弧半径为 $3/2R$, 与结构型 1 外圆内切。前缘圆弧 4 与前缘上圆弧 3 和前缘下圆弧 5 都内切, 半径为 $1/2R$ 。后缘上圆弧 6 的圆心在过结构型 1 圆心且与中性线成 60° 的直线上, 半径为 $4R$, 与结构型 1 外圆内切。后缘下圆弧 7 的圆心在过结构型 1 圆心且与中性线成 -45° 的直线上, 半径为 $2R$, 与结构型 1 外圆外切。尾缘厚度 8 面竖直, 厚度为结构型 1 直径的 $0.5\% \sim 1\%$ 。该实施例叶根翼型气动型弦长为 2.83 米, 相对厚度为 66.7%。

[0020] 参照图 2, 为该实施例叶片的正视图。叶根与叶片最大弦长截面中间的部分分为结构部件 9 和气动部件 10。结构部件 9 在前 0.5 米(叶根至截面 11 处)是圆柱段, 用来埋入螺栓, 截面 11 往后的截面形状通过圆形与叶片最大弦长截面 12 (叶片最大弦长处) 往后各截面翼型放样得到。气动部件 10 是通过叶根气动型与叶片最大弦长截面 12 往后各截面翼型放样得到。叶根结构型部分是叶片主要承载部分, 叶根结构型部分与叶中和叶尖为一体, 作为一个整体制造得到。叶根气动型部分是根据已经设计好的外形单独制造, 然后将其粘贴到结构部件上及叶片最大弦长截面 12 处。

[0021] 参照图 3, 为该实施例叶片的前视图(从叶根往叶尖看), 叶片最大弦长截面(12)在距叶根 7.5 米处。气动型与结构型中间形成一个空腔。

[0022] 参照图 4, 为利用本发明设计的实施例叶片与未利用本发明设计的一般叶片风能利用系数的比较。可见, 利用本发明设计的叶片的风能利用系数大大提高。特别是在较大叶尖速比(较低风速)时, 风能利用系数有较明显的增加, 这正对应于全年的高风频, 因此年发电量也能明显增加。

[0023] 参照图 5, 为利用本发明设计的实施例叶片与未利用本发明设计的一般叶片推力系数的比较, 叶片与上述叶片相同。风力利用系数提高后, 推力系数却没有增加, 而在较大叶尖速比(较低风速)时推力系数稍有减小。

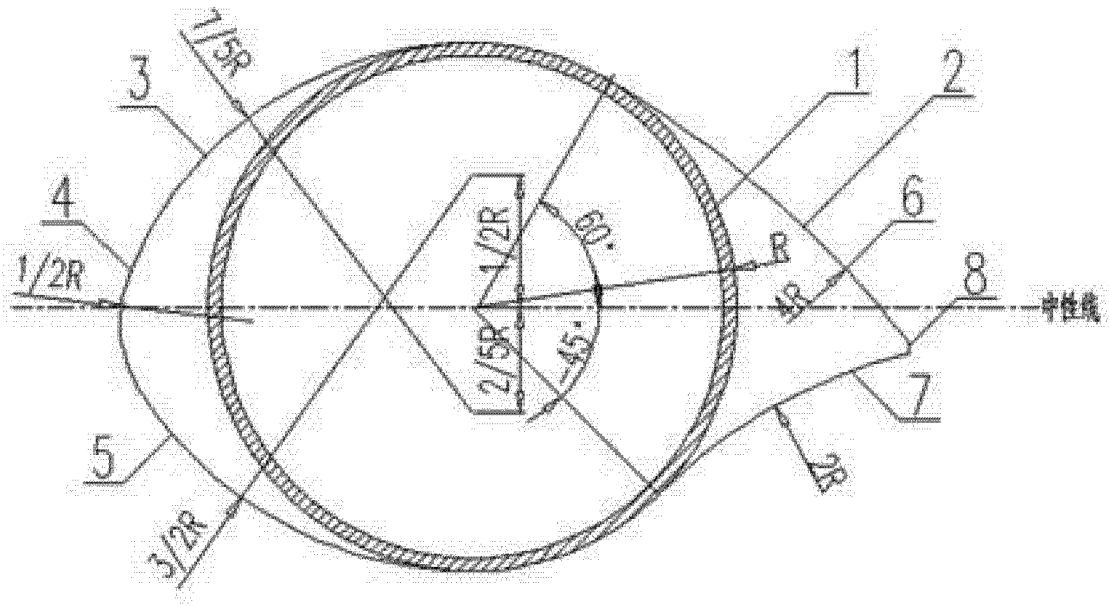


图 1

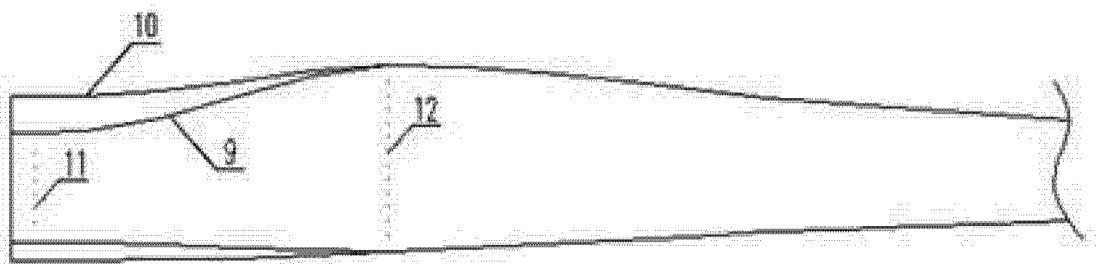


图 2

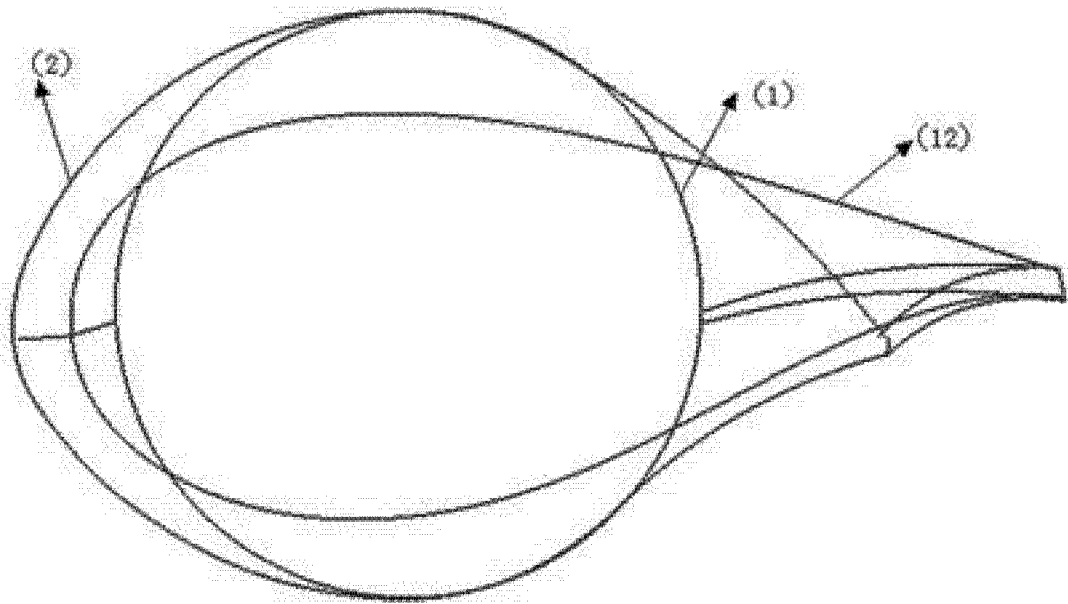


图 3

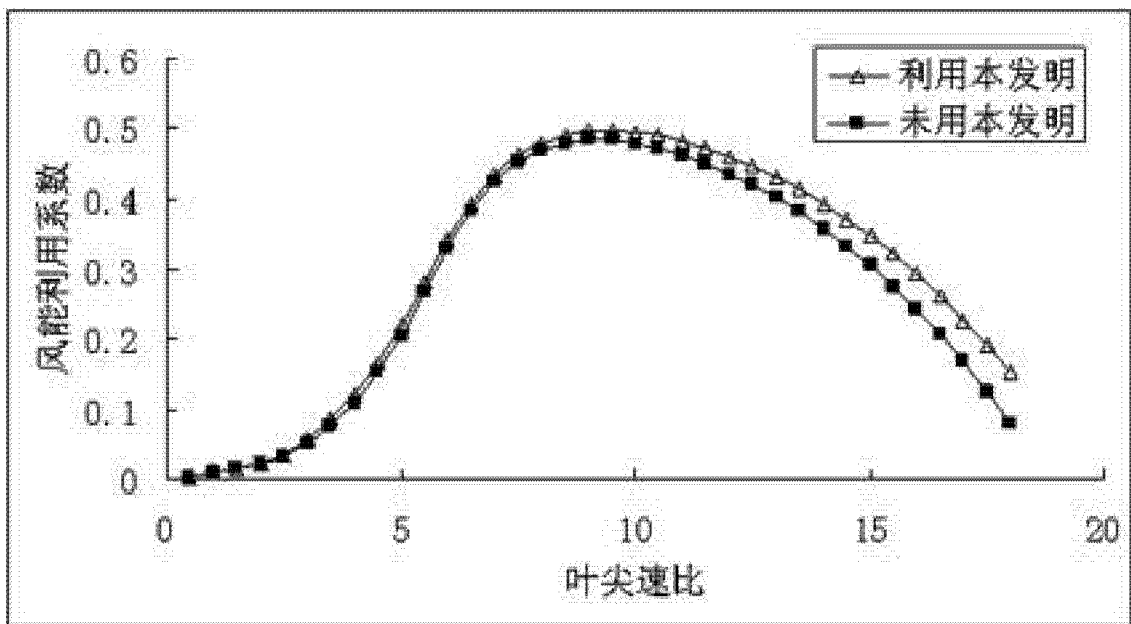


图 4

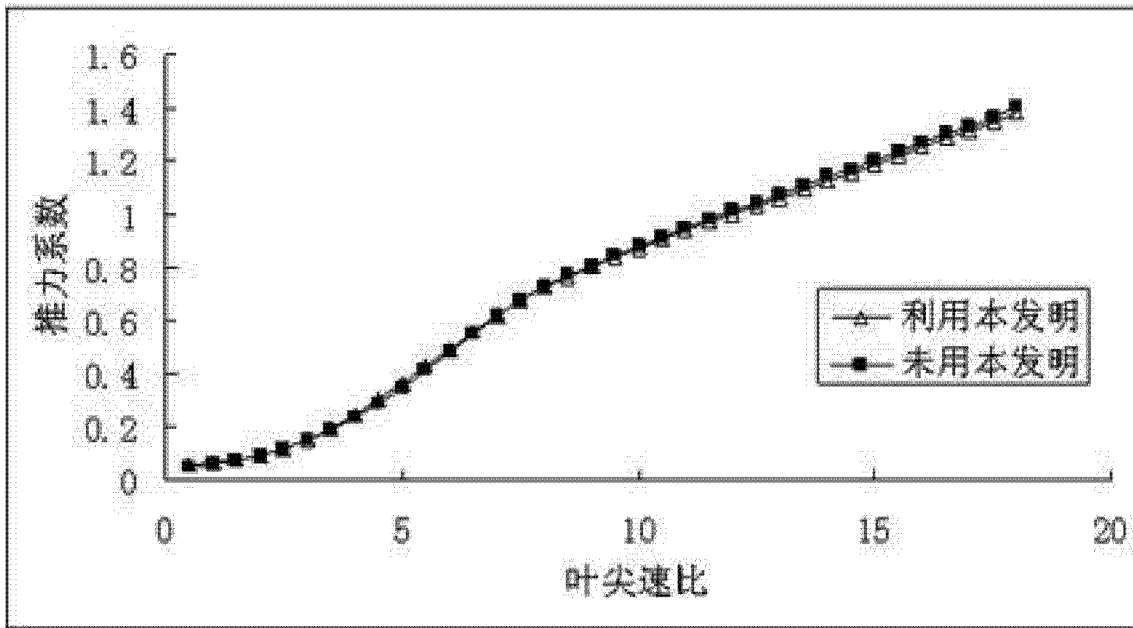


图 5