



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104234944 B

(45)授权公告日 2017.09.15

(21)申请号 201410349788.7

(22)申请日 2014.07.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104234944 A

(43)申请公布日 2014.12.24

(73)专利权人 株洲时代新材料科技股份有限公司

地址 412007 湖南省株洲市天元区海天路18号

(72)发明人 靳交通 彭超义 曾竞成 李晓  
侯彬彬 赵建刚

(74)专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372

代理人 吴大建 刘华联

(51)Int.Cl.

F03D 1/06(2006.01)

F03D 9/25(2016.01)

(56)对比文件

CN 102465844 A,2012.05.23,

CN 102465844 A,2012.05.23,

CN 102814996 A,2012.12.12,

CN 101021202 A,2007.08.22,

CN 101387263 A,2009.03.18,

WO 03093672 A1,2003.11.13,

审查员 张倩

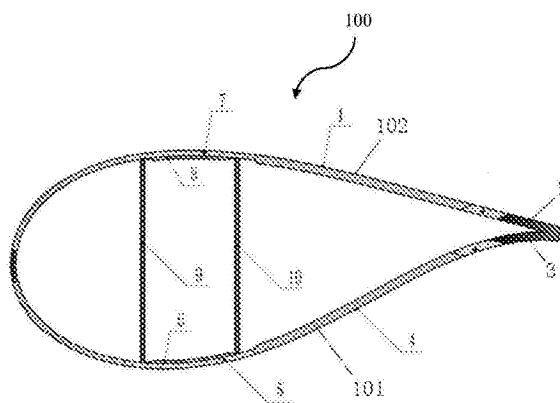
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

风力发电机叶片和风力发电机

(57)摘要

本发明涉及一种风力发电机叶片和风力发电机。该风力发电机叶片包括具有迎风的压力区和背风的吸力区的中空主体,压力区包括沿叶片的长度方向而延伸的压力区梁和连接在压力区梁的两侧的压力区蒙皮;吸力区包括沿叶片的长度方向而延伸的吸力区梁和连接在吸力区梁的两侧的吸力区蒙皮,压力区蒙皮和吸力区蒙皮的对应边缘彼此密封相连。压力区梁和吸力区梁由碳纤维布和玻璃纤维布混合铺设并固化而成,碳纤维布的面密度小于玻璃纤维布的面密度。这种风力发电机叶片具有较大的尺寸,并且其重量也较小。



1. 一种风力发电机叶片,其包括具有迎风的压力区和背风的吸力区的中空主体,所述压力区包括沿所述叶片的长度方向而延伸的压力区梁和连接在所述压力区梁的两侧的压力区蒙皮;所述吸力区包括沿所述叶片的长度方向而延伸的吸力区梁和连接在所述吸力区梁的两侧的吸力区蒙皮,所述压力区蒙皮和吸力区蒙皮的对应边缘彼此密封相连,

其中,所述压力区梁和所述吸力区梁由碳纤维布和玻璃纤维布混合铺设并固化而成,所述碳纤维布的面密度小于所述玻璃纤维布的面密度;

所述碳纤维布和玻璃纤维布以交替方式而铺设;

所述碳纤维布的纤维方向、所述玻璃纤维布的纤维方向与所述叶片的长度方向平行;

所述压力区梁的玻璃纤维布的起点形成所述压力区梁的起点,并且所述压力区梁的碳纤维布的起点朝向所述压力区梁的末端而偏离所述压力区梁的起点;

所述压力区梁的碳纤维布的终点形成所述压力区梁的终点,并且所述压力区梁的玻璃纤维布的终点朝向所述压力区梁的起点而偏离所述压力区梁的终点;

所述压力区梁的碳纤维布的起点到所述压力区梁的起点的距离为所述压力区梁的总长度的15%;

所述压力区梁的玻璃纤维布的终点到所述压力区梁的终点的距离为所述压力区梁的总长度的20%。

2. 根据权利要求1所述的叶片,其特征在于,所述压力区梁和吸力区梁的外表层和内表层均为碳纤维布。

3. 根据权利要求2所述的叶片,其特征在于,所述吸力区梁的结构与压力区梁的结构相同。

4. 根据权利要求3所述的叶片,其特征在于,在所述压力区梁和/或所述吸力区梁的内表层上设置有加强层。

5. 根据权利要求4所述的叶片,其特征在于,在所述中空主体的内部设置有支撑在所述压力区梁和吸力区梁之间的腹板。

6. 根据权利要求5所述的叶片,其特征在于,所述腹板的数量为两个并且两个腹板为平行设置,所述加强层处于所述两个腹板之间。

7. 一种风力发电机,其包括根据权利要求1到6中任一项所述的叶片。

## 风力发电机叶片和风力发电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电领域,特别涉及一种风力发电机叶片。本发明还涉及包括这种风力发电机叶片的风力发电机。

### 背景技术

[0002] 风能在地球上的蕴含量巨大,全球的风能约为 $2.74 \times 10^9$  MW,其中可利用的风能为 $2 \times 10^7$  MW,比地球上可开发利用的水能总量还要大10倍。风能作为一种清洁的可再生能源,越来越受到世界各国的重视,特别是利用风能来发电。

[0003] 使用风能来发电的发电机具有巨大的叶片,而且这些叶片正朝着大型化方向发展,即使在发电功率不变的情况下,叶片尺寸也在不断加大、加长。随着叶片尺寸的增加,叶片的质量也越来越大,这给发电机带来了较大的额外的载荷,降低了发电机的发电效率。因此,需要对这种叶片进行改进。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明提出了一种风力发电机叶片。这种风力发电机叶片具有较大的尺寸,并且其重量也较小。

[0005] 根据本发明的第一方面,提出了一种风力发电机叶片,包括具有迎风的压力区和背风的吸力区的中空主体,压力区包括沿叶片的长度方向而延伸的压力区梁和连接在压力区梁的两侧的压力区蒙皮;吸力区包括沿叶片的长度方向而延伸的吸力区梁和连接在吸力区梁的两侧的吸力区蒙皮,压力区蒙皮和吸力区蒙皮的对应边缘彼此密封相连,压力区梁和吸力区梁由碳纤维布和玻璃纤维布混合铺设并固化而成,碳纤维布的面密度小于玻璃纤维布的面密度。

[0006] 根据本发明的风力发电机叶片,由于碳纤维布的面密度小于玻璃纤维布的面密度,因此使用碳纤维布代替部分玻璃纤维布能大大减小现有技术中的完全使用玻璃纤维布的压力区梁和吸力区梁的重量,从而大大减小了叶片的重量。在一个实施例中,所使用的碳纤维布的面密度为 $600\text{g}/\text{m}^2$ ,所使用的玻璃纤维布的面密度 $1215\text{g}/\text{m}^2$ 。

[0007] 在一个实施例中,碳纤维布和玻璃纤维布以交替方式而铺设。这样,在实现减轻叶片质量的前提下,克服了因使用碳纤维布而引起的叶片稳定性不足的问题,保证了叶片的安全。

[0008] 在一个优选的实施例中,压力区梁和吸力区梁的外表层和内表层均为碳纤维布。碳纤维布的强度和弹性大于玻璃纤维布的强度,通过在压力区梁和吸力区梁的外表层和内表层设置碳纤维布能够大大提高叶片的抗弯变形能力。

[0009] 在一个实施例中,碳纤维布的纤维方向、玻璃纤维布的纤维方向与叶片的长度方向平行。这样铺设碳纤维布和玻璃纤维布使得叶片在其长度方向上具有最大的刚度。这样,能够显著提高叶片的抗弯性能,从而叶片不易发生变形,保证了叶片的空气动力学性能。此外,叶片的抗弯性能较高能够大幅提高叶片的一阶挥舞频率和一阶摆振频率。叶片的一阶

挥舞频率和一阶摆振频率的提高可使得叶片的固有振动频率远离发电机的固有振动频率，由此能避免发电机和叶片产生共振，对发电机起到保护作用。

[0010] 在一个实施例中，压力区梁的玻璃纤维布的起点形成压力区梁的起点，并且压力区梁的碳纤维布的起点朝向压力区梁的末端而偏离压力区梁的起点；压力区梁的碳纤维布的终点形成压力区梁的终点，并且压力区梁的玻璃纤维布的终点朝向压力区梁的起点而偏离压力区梁的终点。吸力区梁的结构与压力区梁的结构相同。通过这种铺设方式，使得更多的碳纤维布设置于为靠叶片的末端区域，从而使叶片质心更加偏向叶根，这样能够进一步提高叶片的振动频率。此外，由于叶片质心更加偏向叶根，使得发电机所承载的叶片产生的载荷降低，这有助于提高发电机的发电效率。

[0011] 在一个具体的实施例中，压力区梁的碳纤维布的起点到压力区梁的起点的距离为压力区梁的总长度的15%。压力区梁的玻璃纤维布的终点到压力区梁的终点的距离为压力区梁的总长度的20%。吸力区梁的结构与压力区梁的结构相同。这种铺设方式，不但使得叶片质心更加偏向叶根，而且使得叶片的强度也较高。

[0012] 在一个实施例中，在压力区梁和/或吸力区梁的内表层上设置有加强层。加强层能够进一步提高压力区梁和/或吸力区梁局部的抗屈曲失稳能力，提高叶片的稳定性。

[0013] 在一个实施例中，在中空主体的内部设置有支撑在压力区梁和吸力区梁之间的腹板。腹板能够将压力区梁和吸力区梁分开，有助于保持叶片的形状。此外，腹板还提高压力区梁和吸力区梁的稳定性，并由此提高叶片的稳定性。

[0014] 在一个优选的实施例中，腹板的数量为两个并且两个腹板为平行设置，加强层处于两个腹板之间。腹板和加强层对压力区梁和吸力区梁共同起到支撑作用，有助于保持叶片的形状，并进一步提高了叶片的稳定性。

[0015] 根据本发明的第二方面，提出了一种风力发电机，其包括根据上文所述的叶片。

[0016] 与现有技术相比，本发明的优点在于：本发明的风力发电机叶片使用了碳纤维布和玻璃纤维布来制造压力区梁和吸力区梁，从而大大减小了叶片的重量，提高了发电机的发电效率。

## 附图说明

[0017] 在下文中将基于实施例并参考附图来对本发明进行更详细的描述。其中：

[0018] 图1和2示意性地显示了根据本发明的风力发电机叶片的压力区和吸力区的结构。

[0019] 图3是图1的A-A剖视图。

[0020] 图4示意性地显示了根据本发明的碳纤维布和玻璃纤维布的铺设方式。

[0021] 在附图中，相同的部件使用相同的附图标记。附图并未按照实际的比例。

## 具体实施方式

[0022] 下面将结合附图对本发明作进一步说明。

[0023] 图1和图2示意性地显示了根据本发明的风力发电机叶片100(以下简称为叶片100)的压力区101和吸力区102的结构。叶片100呈中空的长条状，其叶根103用于与发电机(未示出)装配在一起。叶片100的两侧的形状并不完全相同，而是迎风的压力区101较为向外凸出，背风的吸力区102较为平缓，如图3所示。如图1和3所示，压力区101包括沿叶片100

的长度方向而延伸的压力区梁5和连接在压力区梁5的两侧的压力区蒙皮4。吸力区102的结构与压力区101类似,同样包括沿叶片100的长度方向而延伸的吸力区梁7和连接在吸力区梁7的两侧的吸力区蒙皮1。压力区蒙皮4和吸力区蒙皮1的对应边缘,如1和2中所示的边缘3和边缘2彼此密封相连例如粘结,由此形成叶片100的中空结构。

[0024] 压力区梁5和吸力区梁7是叶片100主受力构件,因此压力区梁5和吸力区梁7的结构也会对叶片100的性能产生重要的影响。压力区梁5的结构与吸力区梁7的结构相同,下文仅以压力区梁5的结构为例,进行详细描述。

[0025] 为了减轻叶片100的重量,压力区梁5采用碳纤维布41和玻璃纤维布42混合铺设并固化而成,并且碳纤维布41的面密度小于玻璃纤维布42的面密度。在一个优选的实施例中,碳纤维布41的面密度为 $600\text{g}/\text{m}^2$ ,玻璃纤维布42的面密度 $1215\text{g}/\text{m}^2$ 。在一个实施例中,固化所使用树脂为环氧树脂。与现有技术中完全使用玻璃纤维布的叶片相比,本发明的叶片100将约一半的玻璃纤维替换为面密度更小的碳纤维布,从而大大减小了叶片的重量,提高了发电机的发电效率。

[0026] 在制造压力区梁5时,可首先将碳纤维布41和玻璃纤维布42以交替方式铺设好,然后真空灌注环氧树脂而成型。待完全固化之后,压力区梁5就制造完成了。图4示意性地显示了碳纤维布41和玻璃纤维布42的铺设方式。这样,在减轻叶片100的质量的前提下,克服了因使用碳纤维布41而引起的叶片100稳定性不足的问题,保证了叶片100的安全。

[0027] 优选地,如图4所示,压力区梁5的外表层44和内表层43均为碳纤维布41。碳纤维布41的强度和弹性大于玻璃纤维布42的强度,将碳纤维布41设置在压力区梁5的外表层和内表层,能够有效地大大提高叶片100的抗弯变形能力。

[0028] 另外,在铺设碳纤维布41和玻璃纤维布42时,保证碳纤维布41的纤维方向和玻璃纤维布42的纤维方向与叶片100的长度方向平行。以这种铺设方式制造的叶片100在其长度方向上具有最大的刚度,从而显著提高了叶片100的抗弯性能,保证叶片100不发生变形。此外,叶片的抗弯性能较高也大幅提高了叶片100的一阶挥舞频率和一阶摆振频率(如表1所示)。叶片100的一阶挥舞频率和一阶摆振频率的提高可使得叶片100的固有振动频率远离发电机的固有振动频率,由此能避免发电机和叶片产生共振,对发电机起到保护作用。

[0029] 还如图4所示,玻璃纤维布42的起点形成了压力区梁5的起点,并且碳纤维布41的起点朝向压力区梁5的末端偏离压力区梁5的起点的距离为 $b_1$ 。碳纤维布41的终点形成压力区梁5的终点,并且玻璃纤维布42的终点朝向压力区梁5的起点偏离压力区梁5的终点的距离为 $b_2$ 。也就是说,碳纤维布41的端部和玻璃纤维布42的端部并没有完全对齐。在一个具体的实施例中, $b_1$ 的长度为压力区梁5的总长度 $L$ 的15%。在另一个实施例中, $b_2$ 的长度为压力区梁5的总长度 $L$ 的20%。由于碳纤维布41的面密度小于玻璃纤维布42的面密度,因此根据图4所示的铺设方式制造的叶片100的质心更加偏向叶根103,这样能够进一步提高叶片100的振动频率,而且使得发电机所承载的叶片100产生的载荷降低,这有助于提高发电机的发电效率。

[0030] 吸力区梁7的结构和制造方式与压力区梁5的结构和制造方式完全相同,为了简单起见,这里不再赘述。

[0031] 返回到图3,在叶片100中,压力区梁5与吸力区梁7优选为正对设置。为了进一步提高压力区梁5和吸力区梁7局部的抗屈曲失稳能力,还在压力区梁5和吸力区梁7的内表层上

分别设置了加强层,如图3中的加强层6和加强层8。加强层的材质可为PVC(聚氯乙烯)泡沫或木材。这些材料的密度都很小,有利于减小叶片100的重量。此外,还在压力区梁5和吸力区梁7之间支撑有两条腹板,如图3中的腹板9和腹板10。优选地,腹板9和腹板10为平行设置,加强层6和加强层8设置在腹板9和腹板10之间的区域内。

[0032] 在相同的风场等级下,将本发明的叶片100与现有技术中的叶片的性能进行了对比,如表1所示。现有技术中的叶片的压力区梁与吸力区梁均仅使用玻璃纤维/环氧树脂体系灌注成型。

[0033] 表1

[0034]

	现有技术中的叶片	本发明的叶片
叶片长度/m	56.5	56.5
风场等级	IEC3A	IEC3A
发电功率/MW	2.0	2.0
质量/kg	12500	10800
质心/m	17.57	16.20
一阶挥舞/Hz	0.49	0.60
一阶摆振/Hz	0.93	1.03
叶根极限载荷/KNm	10600	9975
叶根疲劳载荷/KNm	5945	5368

[0035] 从表1中可看出,本发明的叶片100的一阶挥舞和一阶摆振大于现有技术中的叶片的一阶挥舞和一阶摆振,因此在使用带有本发明的叶片100的发电机进行发电时,发电机更不易发生共振。此外,本发明的叶片100的叶根极限载荷和叶根疲劳载荷均小于现有技术中的叶片的叶根极限载荷和叶根疲劳载荷,这意味着本发明的叶片100产生的载荷更小,提高了发电机整体的安全性。

[0036] 虽然已经参考优选实施例对本发明进行了描述,但在不脱离本发明的范围的情况下,可以对其进行各种改进并且可以用等效物替换其中的部件。尤其是,只要不存在结构冲突,各个实施例中所提到的各项技术特征均可以任意方式组合起来。本发明并不局限于文中公开的特定实施例,而是包括落入权利要求的范围内的所有技术方案。

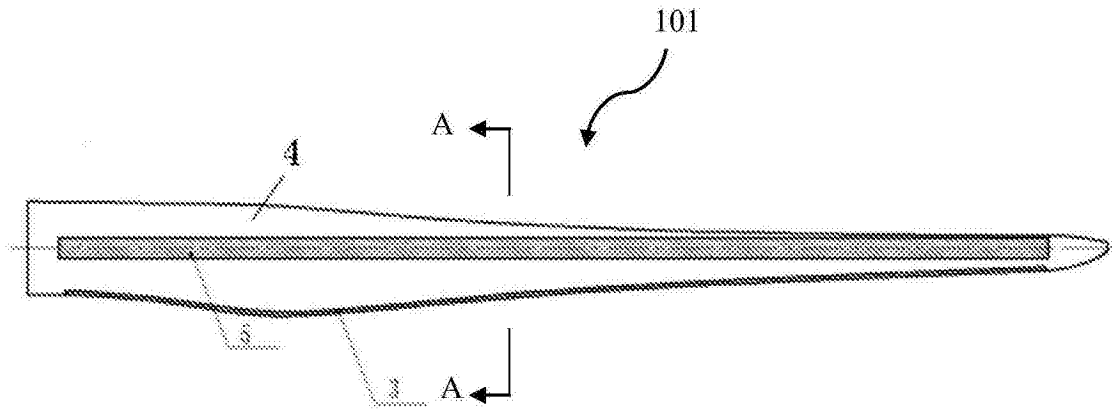


图1

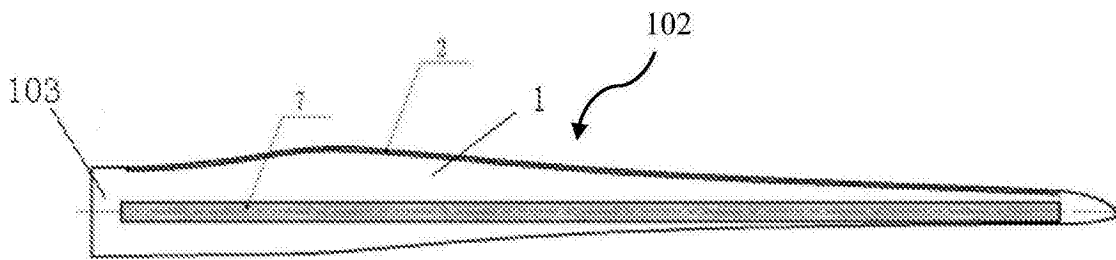


图2

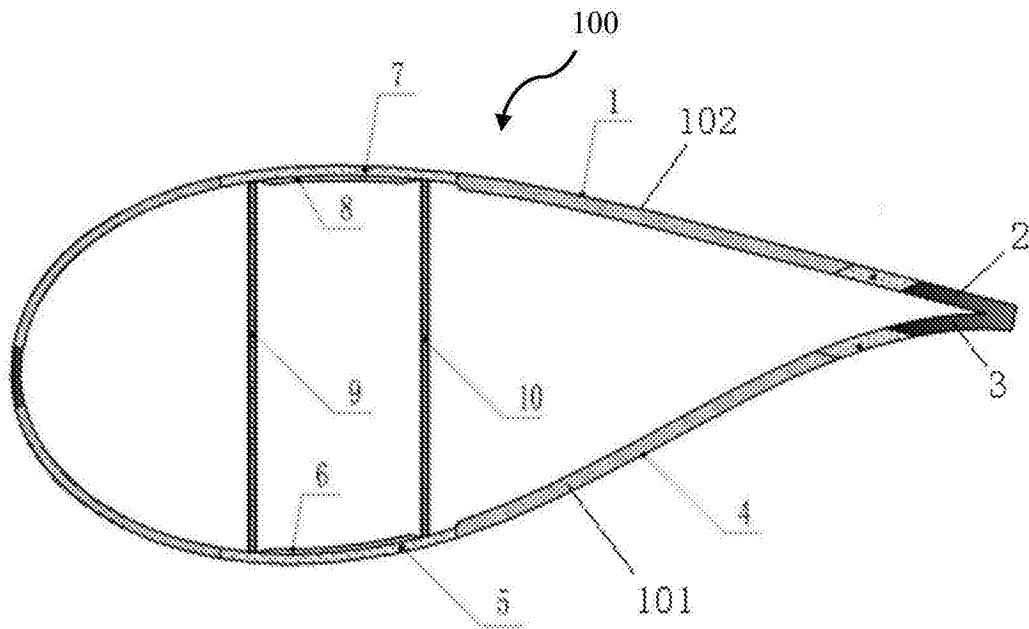


图3

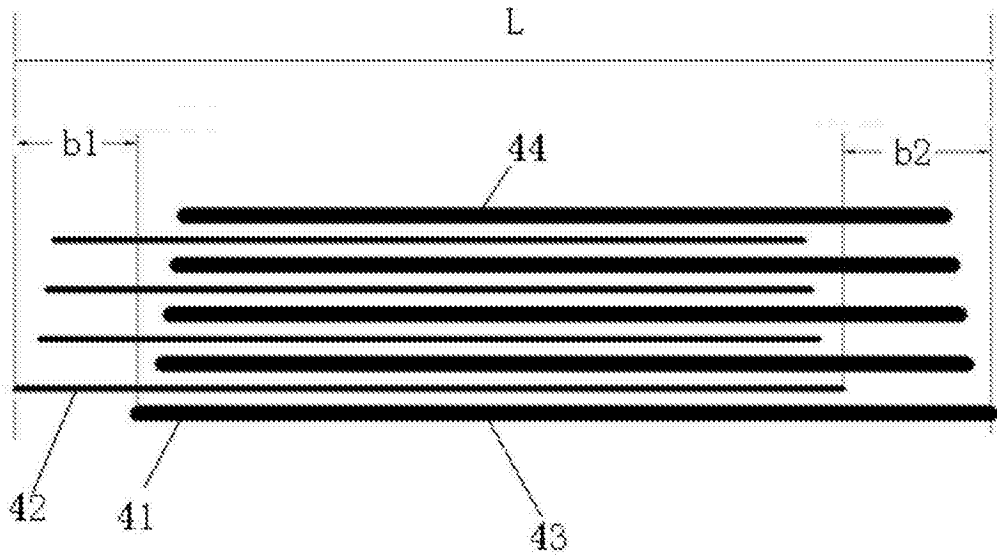


图4