

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021年8月26日 (26.08.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/163875 A1

- (51) 国际专利分类号:
F03D 1/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/075678
- (22) 国际申请日: 2020年2月18日 (18.02.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 远景能源有限公司 (ENVISION ENERGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省无锡市江阴市申港街道申庄路3号, Jiangsu 214443 (CN)。
- (72) 发明人: 梁嫻 (LIANG, Yuan); 中国江苏省无锡市江阴市申港街道申庄路3号, Jiangsu 214443 (CN)。 欧弗高·拉尔斯 (OVERGAARD, Lars); 中国江苏省无锡市江阴市申港街道申庄路3号, Jiangsu 214443 (CN)。 孙建旭 (SUN, Jianxu); 中国江苏省无锡市江阴市申港街道申庄路3号, Jiangsu 214443 (CN)。 庄雷 (ZHUANG, Lei); 中国江苏省无锡市江阴市申港街道申庄路3号, Jiangsu 214443 (CN)。
- (74) 代理人: 上海智晟知识产权代理事务所 (特殊普通合伙) (SHANGHAI ZHI-SHENG INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国上海市钦州北路1089号51号楼501室, Shanghai 200233 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: MAIN BEAM FOR FAN BLADE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 用于风机叶片的主梁及其制造方法

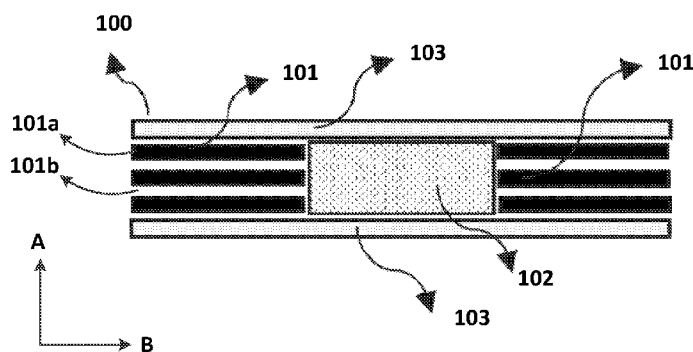


图 1A

(57) Abstract: A main beam (100) for a fan blade, comprising: one or more carbon fiber pultruded bodies (101), wherein each carbon fiber pultruded body (101) comprises one or more carbon fiber pultruded plates (101a), which are stacked in the thickness direction and formed by solidifying a first pouring material, wherein a glass fiber pouring material is arranged between every two carbon fiber pultruded plates (101a); one or more inserts (102) arranged adjacent to the carbon fiber pultruded bodies (101) in a direction perpendicular to the thickness direction of the main beam (100); one or more covering layers (103) that cover the carbon fiber pultruded bodies (101) and/or the inserts (102) on both sides in the thickness direction of the main beam (100); and a second pouring material (101b) that infiltrates the carbon fiber pultruded bodies (101), the inserts (102) and the covering layers (103). By means of the main beam, various properties of the blade such as rigidity can be adjusted while the consumption of carbon fibers are reduced, and the adherence of the main beam to a curved mold is improved and the defects of bubbles and wrinkles etc. are reduced, thus increasing the required rigidity of the main beam and prolonging the service life of the main beam. Further disclosed are a method for manufacturing the main beam and a wind driven generator comprising the main beam.



WO 2021/163875 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于发明人身份(细则4.17(i))
- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则4.17(ii))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种用于风机叶片的主梁(100), 包括: 一个或多个碳纤拉挤体(101), 其中, 每个碳纤拉挤体(101)包括一个或多个碳纤拉挤板(101a), 该碳纤拉挤板(101a)沿厚度方向叠放, 并利用第一灌注材料固化而成, 其中在每两个碳纤拉挤板(101a)之间设置有玻纤灌注材料; 一个或多个镶嵌物(102), 其在与主梁(100)的厚度方向垂直的方向上与碳纤拉挤体(101)相邻布置; 一个或多个覆盖层(103), 其主梁(100)的厚度方向上的两侧覆盖碳纤拉挤体(101)和/或镶嵌物(102); 以及第二灌注材料(101b), 其浸润碳纤拉挤体(101)、镶嵌物(102)和覆盖层(103)。通过该主梁, 可以在降低碳纤维用量的情况下调整叶片的各项性能如刚度, 同时提高主梁对曲面模具的服帖性并且减少气泡褶皱等缺陷, 从而提高主梁的所需刚度和使用寿命。还披露了一种制造该主梁的方法以及具有该主梁的风力发电机。

用于风机叶片的主梁及其制造方法

技术领域

5 本发明总的来说涉及风力发电机领域，具体而言，涉及一种用于风机叶片的主梁。此外，本发明还涉及一种用于制造这样的主梁的方法。

背景技术

10 近年来，随着各国对环境的重视度提高，清洁能源领域在世界范围内呈现出快速发展的趋势。清洁能源作为一种新型能源，与传统化石燃料相比具有分布广泛、可再生、环境污染小等优点。作为清洁能源的最有潜力的代表，风力发电机的应用日益增多，并有望进一步取代传统化石能源。

15 风力发电机的叶片是风力发电机捕捉风能的重要组件，其中安装在风机轮毂上的叶片在风能驱动下旋转以产生升力，通过机舱内的传动链进一步转化为转矩带动发电机发电。在相同情况下，叶片构成的叶轮越大，则能够捕捉的风能越多，因此风机的叶片有越来越长的趋势。随着叶片越来越长，净空（净空是指，风机叶片的尖端到塔架的距离，是一个重要的安全指标）越来越成为瓶颈，开发新型叶片材料或叶片设计来提高净空已迫在眉睫。叶片主梁作为贡献挥舞刚度约 90%的部件，由此基本决定了净空的大小。

20 碳纤维是一种高模量高强度材料，但同时价格也较高。因此，如何合理地将碳纤维引入叶片中以达到既提高净空的余量、又尽量少地增加叶片成本，是各大风电公司的当前重要研究课题。由于纯碳纤维主梁的成本过高，一次性投入回本时间过长，因此多种混合碳纤材料应运而生。混合碳纤材料是通过将一定量碳纤维加入传统玻纤材料中生成的。混合碳纤材料可尽量平衡性能和成本。

然而，目前的混合碳纤材料主要具有如下局限性：

30 1. 混合碳纤材料的混合方式多是在材料尺度进行的，例如碳纤维和玻璃纤维以纤维束不同比例混杂编织在同一织物层，或一层碳纤维与一层玻璃纤维混杂而成，这样的混杂形式极度缺少设计自由度，纤维混杂的比例完全由材料供应商制约，对于不同型号的叶片，只有固定的混配

比材料可以选用，无法达到针对每一款型号进行定制的需求。

2. 碳纤维的最终力学性能受工艺影响很大，因此一个稳定的工艺路线对最终产品的性能稳定性至关重要。碳玻混合材料（即碳纤维和玻璃纤维的混合材料）一般多采用灌注工艺，即碳玻混合织物多层叠加一同灌注，或几层碳纤维几层玻纤布叠加一起灌注。然而，这种材料的灌注工艺容易产生气泡和褶皱等缺陷，对最终性能大打折扣。

目前需要一种至少部分地消除上述局限性的新型风机主梁或主梁材料。

10 发明内容

本发明的任务是，提供一种用于风机叶片的主梁及其制造方法，通过该主梁和/或该方法，可以在降低碳纤维用量的情况下调整叶片的各项性能、如刚度，同时提高主梁对曲面模具的服帖性（drapability）并且减少气泡褶皱等缺陷，从而提高主梁的所需刚度和使用寿命。

15 在本发明的第一方面，该任务通过一种用于风机叶片的主梁来解决，该主梁包括：

一个或多个碳纤拉挤体，每个碳纤拉挤体包括一个或多个碳纤拉挤板，所述碳纤拉挤板沿碳纤拉挤体的厚度方向叠放，其中所述碳纤拉挤板利用第一灌注材料固化而成；

20 一个或多个镶嵌物，其在与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置；

一个或多个覆盖层，其在主梁的厚度方向上的两侧覆盖碳纤拉挤体和/或镶嵌物；以及

第二灌注材料，其浸润所述碳纤拉挤体、镶嵌物和覆盖层。

25 在本发明中，术语“主梁”是指叶片两侧用于增强叶片的狭长结构。通常，两侧主梁与位于叶片内部的腹板连接以支撑叶片内部空间。术语“镶嵌物”是指嵌入主梁中的具有一定形状的结构。“碳纤拉挤板”是指碳纤维经灌注材料浸润制成的材料，而“碳纤拉挤体”是指由多个碳纤拉挤板与其之间的灌注材料构成的复合体。优选地，镶嵌物与主梁
30 中的碳纤拉挤体和覆盖层一起形成连续的主梁表面，必要时所述主梁表面具有所期望的曲率。术语“浸润”是指灌注材料浇注进灌注对象中并与之至少部分地结合并最终固化。另外，碳纤拉挤板之间的玻纤灌注材

料可以是第二灌注材料，也就是说，碳纤拉挤板的灌注可以与第二灌注材料的灌注是相同工序，这样可以节省工序。但是碳纤拉挤板之间的玻纤灌注材料也可以不同于第二灌注材料，并且与第二灌注材料在不同工序中被灌注。碳纤拉挤板和镶嵌物可以在垂直于主梁的厚度的方向上、
5 如在主梁的长度和宽度方向上彼此相邻布置以构成主梁的覆盖面积。在碳纤拉挤板和镶嵌物为条状结构的情况下，碳纤拉挤板和镶嵌物可以在主梁的弦向上彼此相邻布置。在此，术语“弦向”是指垂直于主梁的厚度且垂直于叶片长度方向的方向。

在本发明的一个优选方案中规定，所述一个或多个碳纤拉挤板包括
10 多个碳纤拉挤板，并且在所述多个碳纤拉挤板中的至少两个碳纤拉挤板之间设置有玻纤灌注材料。

在本发明的一个扩展方案中规定，所述碳纤拉挤体具有 m 个碳纤拉挤板，并且所述主梁具有 n 个碳纤拉挤体、 p 个镶嵌物以及 q 个覆盖层，其中 m 、 n 、 p 、 q 均为 1 至 100 的整数。例如，在每个碳纤拉挤体的一
15 侧或两侧可以分别布置一个或多个镶嵌物。不仅镶嵌物的数目可调节，而且镶嵌物的刚度和挠性也是可调节的，以便与碳纤拉挤体一起在二次灌注以后实现所期望的服帖性，从而更好地形成所期望的曲面。

在本发明的另一扩展方案中规定，第一灌注材料包括下列各项中的一个或多个：含热固性环氧树脂、乙烯基树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛
20 树脂、以及热塑性树脂。在本发明的教导下，其它浇注材料也是可设想的。

在本发明的又一扩展方案中规定，热塑性树脂包括下列各项中的一个或多个：聚丙烯树脂、聚乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚酰胺树脂、聚醚醚酮树脂、以及聚苯
25 硫醚树脂。在本发明的教导下，其它热塑性树脂也是可设想的。

在本发明的另一扩展方案中规定，所述覆盖层包括玻纤织物或玻纤无纺布。

在本发明的又一扩展方案中规定，所述镶嵌物包括下列各项中的一个或多个：PVC 泡沫、PET 泡沫、PMI 泡沫、木材、蜂窝夹心材料、玻
30 纤拉挤板、玻纤织物、玻纤无纺布、以及玻纤纱。在本发明的教导下，其它镶嵌物的材料也是可设想的。

在本发明的另一扩展方案中规定，第二灌注材料包括下列各项中的

一个或多个：热固性环氧树脂、乙烯基树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛树脂、以及热塑性树脂。

在本发明的又一扩展方案中规定，所述热塑性树脂包括下列各项中的一个或多个：聚丙烯树脂、聚乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚酰胺树脂、聚醚醚酮树脂、以及聚苯硫醚树脂。

在本发明的一个优选方案中规定，所述镶嵌物包括：

镶嵌物主体，其厚度 d_1 小于等于相邻碳纤拉挤体和覆盖层的厚度之和 D ；以及

10 镶嵌物过渡部，其厚度 d_2 在零与 $D-d_1$ 之间变化，其中镶嵌物过渡部布置在镶嵌物主体与相邻碳纤拉挤体以形成厚度过渡。

通过该优选方案，可以实现主梁的更好的服帖性，其原因在于，首先，在镶嵌物上部存在镶嵌物过渡部的情况下，覆盖层仅需覆盖碳纤拉挤体，从而在主梁的厚度方向提供更多的活动性；其次，由于镶嵌物在主梁的厚度方向上由镶嵌物主体和镶嵌物过渡部多个部分构成，因此在主梁的厚度方向垂直的方向、如弦向方向上提供了更多的活动性；这些活动性有利于主梁材料在灌注前形成所期望的表面形状、如曲面，因此可在灌注后固化保持所述表面形状。

在本发明的一个扩展方案中规定，镶嵌物主体的截面为矩形，并且所述镶嵌物过渡部的截面为三角形。根据不同应用场合，可以采取不同形状的镶嵌物主体和镶嵌物过渡部。例如，可以根据主梁的所期望的最终形状来确定镶嵌物主体和镶嵌物过渡部的形状。

在本发明的第二方面，前述任务通过一种用于制造用于风机叶片的主梁的方法来解决，该方法包括下列步骤：

25 提供一个或多个碳纤拉挤体，每个碳纤拉挤体包括一个或多个碳纤拉挤板，所述碳纤拉挤板沿厚度方向叠放，其中所述碳纤拉挤板利用第一灌注材料固化而成，其中在每两个碳纤拉挤板之间设置有玻纤灌注材料；

30 将一个或多个镶嵌物在主梁的与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置；

在主梁的厚度方向上的两侧在碳纤拉挤体和/或镶嵌物上布置一个或多个覆盖层；以及

用第二灌注材料浸润所述碳纤拉挤体、镶嵌物和覆盖层。

在本发明的一个优选方案中规定，将一个或多个镶嵌物在主梁的与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置包括下列步骤：

- 5 将镶嵌物主体与碳纤拉挤体相邻布置，其中所述镶嵌物主体的厚度 d_1 小于等于相邻碳纤拉挤体和覆盖层的厚度之和 D ；以及

将镶嵌物过渡部布置在镶嵌物主体与相邻碳纤拉挤体以形成厚度过渡镶嵌物过渡部，其中所述镶嵌物过渡部的厚度 d_2 在零与 $D-d_1$ 之间变化。

- 10 通过该优选方案，可以实现主梁的更好的服帖性，其原因在于，首先，在镶嵌物上部存在镶嵌物过渡部的情况下，覆盖层仅需覆盖碳纤拉挤体，从而在主梁的厚度方向提供更多的活动性；其次，由于镶嵌物在主梁的厚度方向上由镶嵌物主体和镶嵌物过渡部多个部分构成，因此在与主梁的厚度方向垂直的方向、如弦向方向上提供了更多的活动性；这
15 些活动性有利于主梁材料在灌注前形成所期望的表面形状、如曲面，在灌注后固化保持所述表面形状。

在本发明的一个扩展方案中规定，将一个或多个镶嵌物在主梁的与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置包括下列步骤：

- 20 在每个碳纤拉挤体的一侧或两侧分别布置镶嵌物以形成连续的复合体。

在本发明的另一扩展方案中规定，提供一个或多个碳纤拉挤体包括下列步骤：

- 25 将一个或多个碳纤拉挤板沿厚度方向彼此相叠布置，其中所述碳纤拉挤板已经利用第一灌注材料浸润并固化；以及

- 30 在每两个碳纤拉挤板之间设置玻纤灌注层以备二次灌注。本发明至少具有如下有益效果：（1）本发明通过两次灌注、即碳纤拉挤体的灌注和主梁的灌注，较好地解决了碳纤混合材料中的气泡和褶皱问题，这是因为在本发明中，碳纤拉挤体是先灌注固化的，而第二次灌注主要是对已固化好的碳纤拉挤体与镶嵌物进行二次灌注，这个过程不容易产生气泡和褶皱，因为在这个过程中，与现有技术中的碳纤板和玻纤层彼此相叠布置的叠层相比，要灌注的层状物明显更少，因为碳纤拉挤体替代

了混杂纤维铺层，由此大大降低了主梁中的气泡、褶皱等缺陷风险；(2) 本发明通过将碳纤拉挤体与镶嵌物彼此相接地铺设，可以提高所制成的主梁的服帖性，使其更好地贴合模具，形成所期望的形状、如曲面；(3) 由于镶嵌物的材料、刚性、挠性、形状等参数都是可容易调节，由此可以容易且准确地调节主梁的各种物理和尺寸特征、如刚性、厚度、宽度等；(4) 碳玻混杂可以在叶片结构设计的尺度进行，不受材料供应商制约，可随不同叶片型号自由调配混合比及形式，同时碳纤维采用拉挤工艺，而玻纤例如可采用玻纤布的形式，通过二次灌注固化在一起，保证了碳纤维是以拉挤形式使用，从而提高主梁性能。

10

附图说明

下面结合具体实施方式参考附图进一步阐述本发明。

图 1A 至图 1D 示出了根据本发明的主梁的多个实施例；

图 2 示出了采用根据本发明的主梁的风机的示意图；以及

15

图 3 示出了根据本发明的用于制造用于风机叶片的主梁的方法流程。

具体实施方式

应当指出，各附图中的各组件可能为了图解说明而被夸大地示出，而不一定是比例正确的。在各附图中，给相同或功能相同的组件配备了相同的附图标记。

在本发明中，除非特别指出，“布置在...上”、“布置在...上方”以及“布置在...之上”并未排除二者之间存在中间物的情况。此外，“布置在...上或上方”仅仅表示两个部件之间的相对位置关系，而在一定情况下、如在颠倒产品方向后，也可以转换为“布置在...下或下方”，反之亦然。

在本发明中，各实施例仅仅旨在说明本发明的方案，而不应被理解为限制性的。

在本发明中，除非特别指出，量词“一个”、“一”并未排除多个元素的场景。

在此还应当指出，在本发明的实施例中，为清楚、简单起见，可能示出了仅仅一部分部件或组件，但是本领域的普通技术人员能够理解，

在本发明的教导下，可根据具体场景需要添加所需的部件或组件。

在此还应当指出，在本发明的范围内，“相同”、“相等”、“等于”等措辞并不意味着二者数值绝对相等，而是允许一定的合理误差，也就是说，所述措辞也涵盖了“基本上相同”、“基本上相等”、“基本上等于”。以此类推，在本发明中，表方向的术语“垂直于”、“平行于”等等同样涵盖了“基本上垂直于”、“基本上平行于”的含义。

另外，本发明的各方法的步骤的编号并未限定所述方法步骤的执行顺序。除非特别指出，各方法步骤可以以不同顺序执行。

下面结合具体实施方式参考附图进一步阐述本发明。

10 图 1A 示出了根据本发明的第一实施例。

在第一实施例中，主梁 100 具有 n 个碳纤拉挤体 101、 p 个镶嵌物 102 以及 q 个覆盖层 103，其中 $n=2$ ， $p=1$ ， $q=2$ 。应当指出， n 、 p 、 q 的数目仅仅是示例性的，在其它实施例中，也可以设置不同的 n 、 p 、 q 的值。

15 具体而言，主梁 100 包括下列部件：

• 碳纤拉挤体 11，其具有多个碳纤拉挤板 101a 以及第二灌注材料 101b，其中所述碳纤拉挤板 101a 在主梁 100 的厚度方向 A 上彼此相叠布置并且被第二灌注材料 101b 间隔。第二灌注材料 101b 例如是玻璃纤维织物或无纺布。在本实施例中，碳纤拉挤板 101a 之间的玻纤灌注材料是第二灌注材料 101b，也就是说，碳纤拉挤板 101a 的灌注与第二灌注材料的灌注是相同工序，这样可以节省工序。但是在其它实施例中，碳纤拉挤板 101a 之间的玻纤灌注材料也可以不同于第二灌注材料 101b，并且与第二灌注材料在不同工序中被灌注。在此，碳纤拉挤板 101a 例如是一定量的碳纤维利用第一灌注材料（未示出）固化成型的。

20 碳纤拉挤板 101b 的第一灌注材料例如可以包括下列各项中的一个或多个：含热固性环氧树脂、乙烯基树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛树脂、以及热塑性树脂。热塑性树脂例如可以包括下列各项中的一个或多个：聚丙烯树脂、聚乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚酰胺树脂、聚醚醚酮树脂、以及聚苯硫醚树脂。

30 • 镶嵌物 102，其在与主梁 100 的厚度方向垂直的方向上、如主梁 100 的弦向方向 B 上与所述碳纤拉挤体 101 相邻布置。在此，术语“弦向”是指垂直于主梁的厚度且垂直于叶片长度方向的方向。在此，镶嵌

物 102 布置在两个碳纤拉挤体 12 之间并与其平齐。在其它实施例中，镶嵌物 102 可以与碳纤拉挤体 12 之间具有厚度差，并且所述厚度差可以通过镶嵌物过渡部或者覆盖体来补偿。镶嵌物 102 例如可以包括下列各项中的一个或多个：PVC 泡沫、PET 泡沫、PMI 泡沫、木材、蜂窝夹心材料、玻纤拉挤板、玻纤织物、玻纤无纺布、以及玻纤纱。镶嵌物 102 的材料、刚性、挠性、形状等参数是可以根据具体应用来调节的，由此可以容易且准确地调节主梁的各种物理和尺寸特征、如刚性、厚度、宽度等。

• 覆盖层 103，其主梁 100 的厚度方向 A 上的两侧覆盖碳纤拉挤体和/或镶嵌物。覆盖层 103 例如可以包括玻纤织物或玻纤无纺布。覆盖层 103 例如用于形成风机叶片的表面，并保护内部材料不受外部环境损害。在此，示出了两个覆盖层 103，其分别主梁 100 的厚度方向 A 上的两侧覆盖碳纤拉挤体 101 和镶嵌物 102 二者。在其它实施例中，覆盖层 103 也可以仅仅覆盖碳纤拉挤体 101。

• 第二灌注材料 101b，其浸润所述碳纤拉挤体、镶嵌物和覆盖层。第二灌注材料例如可以包括下列各项中的一个或多个：热固性环氧树脂、乙烯基树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛树脂、以及热塑性树脂。所述热塑性树脂例如可以包括下列各项中的一个或多个：聚丙烯树脂、聚乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚酰胺树脂、聚醚醚酮树脂、以及聚苯硫醚树脂。

通过选择镶嵌物 102 的材料和属性，可以在保持主梁 100 的刚度的情况下提高主梁 100 的服帖性，并且基本避免主梁 100 中的气泡、褶皱等缺陷。因此，根据本发明的主梁 100 与传统主梁相比具有较大技术改进。

图 1B 示出了根据本发明的第二实施例。

在第二实施例中，主梁 100 具有 n 叠碳纤拉挤体 101、 p 个镶嵌物 102 以及 q 个覆盖层 103，其中 $n=3$ ， $p=3$ ， $q=2$ 。应当指出， n 、 p 、 q 的数目仅仅是示例性的，在其它实施例中，也可以设置不同的 n 、 p 、 q 的值。

在第二实施例中，布置有多个镶嵌物 102，且每个镶嵌物 102 具有与第一实施例相比更小的宽度，由此提供更大的刚度和更好的服帖性。在其它实施例中，也可以布置更多个更小宽度的镶嵌物 102，由此提供

更大的刚度和更好的服帖性。

图 1C 示出了根据本发明的第三实施例。

在第三实施例中，所述镶嵌物 102 包括：

• 镶嵌物主体 102a，其厚度 d_1 小于相邻碳纤拉挤体 101 和覆盖层 102 的厚度之和 D 。镶嵌物主体 102a 的截面例如可以为矩形。

• 镶嵌物过渡部 102b，其厚度 d_2 在零与 $D-d_1$ 之间变化，其中镶嵌物过渡部布置在镶嵌物主体与相邻碳纤拉挤体以形成厚度过渡。镶嵌物过渡部 102b 的截面例如为三角形。

通过设置镶嵌物主体 102a 和镶嵌物过渡部 102b，可以实现主梁的更好的服帖性，其原因在于，首先，在镶嵌物 102 上部存在镶嵌物过渡部 102a 的情况下，覆盖层 103 仅需覆盖碳纤拉挤体 101，从而在主梁 100 的厚度方向 A 提供更多的活动性；其次，由于镶嵌物 102 在主梁 100 的厚度方向上由镶嵌物主体 102a 和镶嵌物过渡部 102b 多个部分构成，因此在与主梁的厚度方向垂直的方向上、如主梁 100 的弦向方向 B 提供了更多的活动性；这些活动性有利于主梁材料在灌注前形成所期望的表面形状、如曲面，因此在灌注后固化可保持所述表面形状。

图 1D 示出了根据本发明的第四实施例。

第四实施例与第三实施例的区别在于，镶嵌物主体 102a 和镶嵌物过渡部 102b 布置在碳纤拉挤体 101 的两侧，以形成对称的形状过渡。这种对称的形状过渡有利于形成主梁材料的加厚部，所述加厚部有利于形成主梁的特殊曲面或者补偿材料薄弱部位。

图 2 示出了采用根据本发明的主梁 100 的风力发电机叶片 200 的示意图。

如图 2 所示，叶片 200 具有叶片前缘 206 和叶片尾缘 203，叶片 200 处于叶片前缘 206 与叶片尾缘 203 之前的部分被分为迎风面 201 和背风面 204。尾缘梁 202 布置在靠近尾缘 203 处，以提高尾缘强度。主梁 100 分别布置在迎风面 201 和背风面 204 上、叶片前缘 206 与叶片尾缘 203 之间。主梁 100 之间通过腹板 205 连接，以增加叶片稳定性，防止向内塌陷。通过本发明的主梁 100，可以提高叶片 200 的刚度，并且增强主梁材料的服帖性，从而提高叶片的气动性能和使用寿命。

图 3 示出了根据本发明的用于制造用于风机叶片的主梁的方法流程 300。

在步骤 302, 提供一个或多个碳纤拉挤体, 每个碳纤拉挤体包括多个碳纤拉挤板, 所述碳纤拉挤板沿厚度方向叠放, 其中所述碳纤拉挤板利用第一灌注材料固化而成, 其中在每两个碳纤拉挤板之间设置有玻纤灌注材料;

5 在步骤 304, 将一个或多个镶嵌物在与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置;

在步骤 306, 在主梁的厚度方向上的两侧在碳纤拉挤体和/或镶嵌物上布置一个或多个覆盖层; 以及

10 在步骤 308, 用第二灌注材料浸润所述碳纤拉挤体、镶嵌物和覆盖层。

本发明至少具有如下有益效果: (1) 本发明通过两次灌注、即碳纤拉挤体的灌注和主梁的灌注, 较好地解决了碳纤混合材料中的气泡和褶皱问题, 这是因为在本发明中, 仅仅碳纤拉挤体是多个叠层灌注生成的, 而第二次灌注主要是对已灌注好的碳纤拉挤体与镶嵌物进行二次灌注, 这个过程不容易产生气泡和褶皱, 因为在这个过程中, 与现有技术中的碳纤板和玻纤层彼此相叠布置的叠层相比, 要灌注的层状物明显更少, 因为碳纤拉挤体替代了大部分的混杂纤维叠层, 由此大大降低了主梁中的气泡、褶皱等缺陷风险; (2) 本发明通过将碳纤拉挤体与镶嵌物彼此相接地铺设, 可以提高所制成的主梁的服帖性, 使其更好地贴合模具, 形成所期望的形状、如曲面; (3) 由于镶嵌物的材料、刚性、挠性、形状等参数都是可容易调节, 由此可以容易且准确地调节主梁的各种物理和尺寸特征、如刚性、厚度、宽度等; (4) 碳玻混杂可以在叶片结构设计的尺度进行的, 不受材料供应商制约, 可随不同叶片型号自由调配混合比及形式, 同时碳纤维采用拉挤工艺, 而玻纤例如可采用玻纤布的形式, 通过二次灌注固化在一起, 保证了碳纤维是以拉挤形式使用, 从而提高主梁性能。

虽然本发明的一些实施方式已经在本申请文件中予以了描述, 但是本领域技术人员能够理解, 这些实施方式仅仅是作为示例示出的。本领域技术人员在本发明的教导下可以想到众多的变型方案、替代方案和改进方案而不超出本发明的范围。所附权利要求书旨在限定本发明的范围, 并藉此涵盖这些权利要求本身及其等同变换的范围内的方法和结构。

权利要求书

1. 一种用于风机叶片的主梁，包括：

一个或多个碳纤拉挤体，每个碳纤拉挤体包括一个或多个碳纤拉挤板，所述碳纤拉挤板沿碳纤拉挤体的厚度方向叠放，其中所述碳纤拉挤板利用第一灌注材料固化而成；

一个或多个镶嵌物，其在与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置；

一个或多个覆盖层，其在主梁的厚度方向上的两侧覆盖碳纤拉挤体和/或镶嵌物；以及

第二灌注材料，其浸润所述碳纤拉挤体、镶嵌物和覆盖层。

2. 根据权利要求1所述的主梁，其中所述一个或多个碳纤拉挤板包括多个碳纤拉挤板，并且在所述多个碳纤拉挤板中的至少两个碳纤拉挤板之间设置有玻纤灌注材料。

3. 根据权利要求2所述的主梁，其中所述玻纤灌注材料和所述第二灌注材料为相同材料。

4. 根据权利要求1所述的主梁，其中所述碳纤拉挤体具有 m 个碳纤拉挤板，并且所述主梁具有 n 个碳纤拉挤体、 p 个镶嵌物以及 q 个覆盖层，其中 m 、 n 、 p 、 q 均为1至100的整数。

5. 根据权利要求1所述的主梁，其中第一灌注材料包括下列各项中的一个或多个：含热固性环氧树脂、乙烯基树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛树脂、以及热塑性树脂。

6. 根据权利要求5所述的主梁，其中所述热塑性树脂包括下列各项中的一个或多个：聚丙烯树脂、聚乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚酰胺树脂、聚醚醚酮树脂、以及聚苯硫醚树脂。

7. 根据权利要求1所述的主梁，其中所述覆盖层包括玻纤织物或玻纤无纺布。

8. 根据权利要求1所述的主梁，其中所述镶嵌物包括下列各项中的一个或多个：PVC泡沫、PET泡沫、PMI泡沫、木材、蜂窝夹心材料、玻纤拉挤板、玻纤织物、玻纤无纺布、以及玻纤纱。

9. 根据权利要求1所述的主梁，其中第二灌注材料包括下列各项中的一个或多个：热固性环氧树脂、乙烯基树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛

树脂、以及热塑性树脂。

10. 根据权利要求9所述的主梁，其中所述热塑性树脂包括下列各项中的一个或多个：聚丙烯树脂、聚乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚酰胺树脂、聚醚醚酮树脂、以及聚苯硫醚树脂。

11. 根据权利要求1所述的主梁，其中所述镶嵌物包括：

镶嵌物主体，其厚度 d_1 小于等于相邻碳纤拉挤体和覆盖层的厚度之和 D ；以及

10 镶嵌物过渡部，其厚度 d_2 在零与 $D-d_1$ 之间变化，其中镶嵌物过渡部布置在镶嵌物主体与相邻碳纤拉挤体以形成厚度过渡。

12. 根据权利要求11所述的主梁，其中镶嵌物主体的截面为矩形，并且所述镶嵌物过渡部的截面为三角形。

13. 一种用于制造用于风机叶片的主梁的方法，包括下列步骤：

15 提供一个或多个碳纤拉挤体，每个碳纤拉挤体包括一个或多个碳纤拉挤板，所述碳纤拉挤板沿厚度方向叠放，其中所述碳纤拉挤板利用第一灌注材料固化而成，其中在每两个碳纤拉挤板之间设置有玻纤灌注材料；

将一个或多个镶嵌物在与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置；

20 在主梁的厚度方向上的两侧在碳纤拉挤体和/或镶嵌物上布置一个或多个覆盖层；以及

用第二灌注材料浸润所述碳纤拉挤体、镶嵌物和覆盖层。

14. 根据权利要求13所述的方法，其中将一个或多个镶嵌物在与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置包括下列步骤：

25 将镶嵌物主体与碳纤拉挤体相邻布置，其中所述镶嵌物主体的厚度 d_1 小于相邻碳纤拉挤体和覆盖层的厚度之和 D ；以及

将镶嵌物过渡部布置在镶嵌物主体与相邻碳纤拉挤体以形成厚度过渡镶嵌物过渡部，其中所述镶嵌物过渡部的厚度 d_2 在零与 $D-d_1$ 之间变化。

30 15. 根据权利要求13或14所述的方法，其中将一个或多个镶嵌物在与主梁的厚度方向垂直的方向上与所述碳纤拉挤体相邻布置包括下列步骤：

在每个碳纤拉挤体的两侧分别布置镶嵌物以形成连续的复合体。

16. 根据权利要求12所述的方法，其中提供一个或多个碳纤拉挤体包括下列步骤：

5 将一个或多个碳纤拉挤板沿厚度方向彼此相叠布置，其中所述碳纤拉挤板已经利用第一灌注材料浸润并固化；以及

在每个两个碳纤拉挤板之间设置玻纤灌注层以备二次灌注。

17. 一种风力发电机，其具有根据权利要求1至11之一所述的主梁。

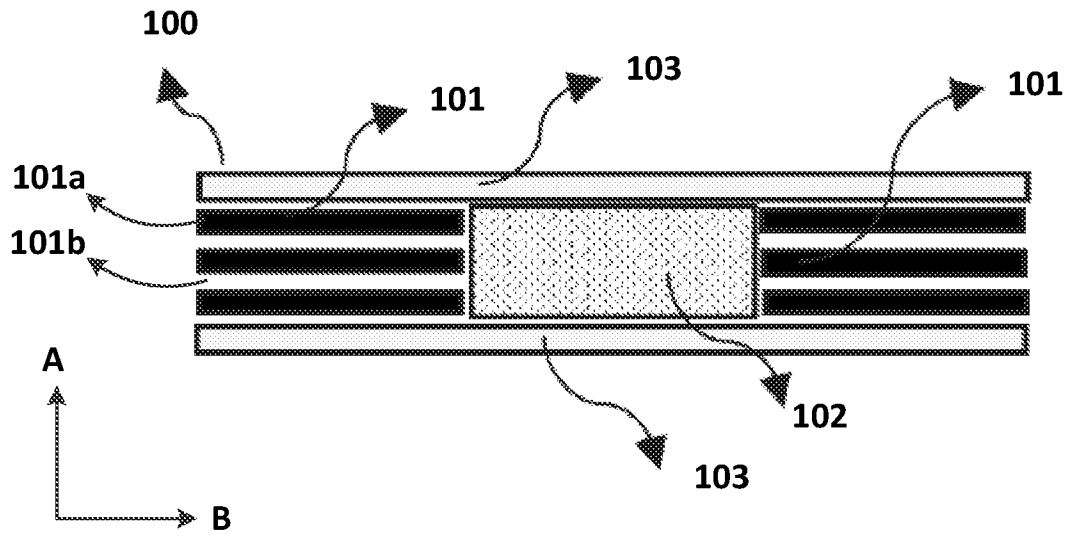


图 1A

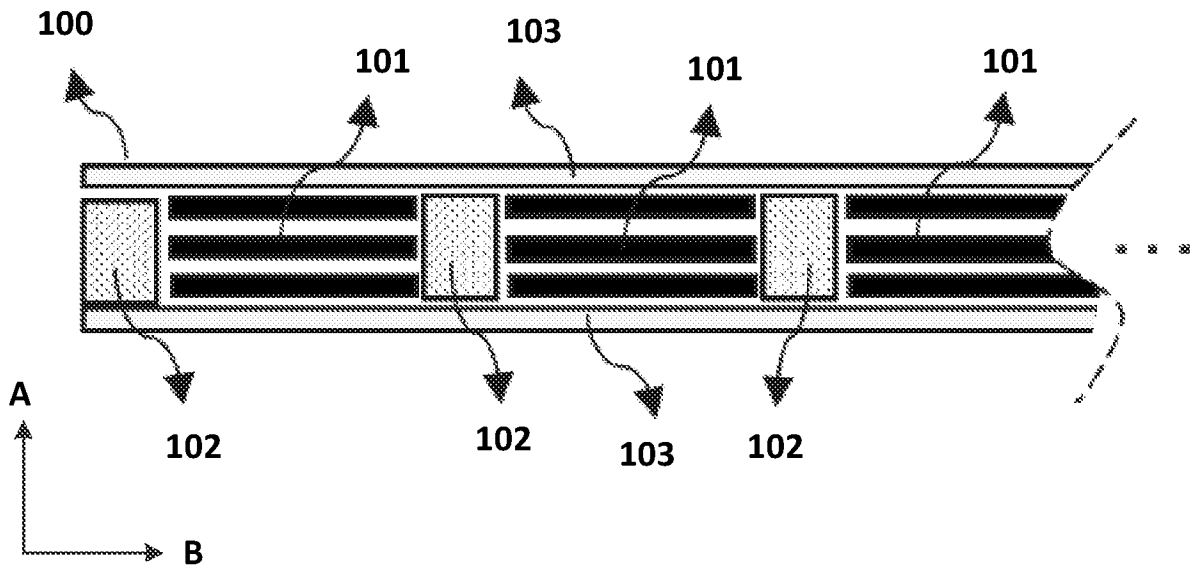


图 1B

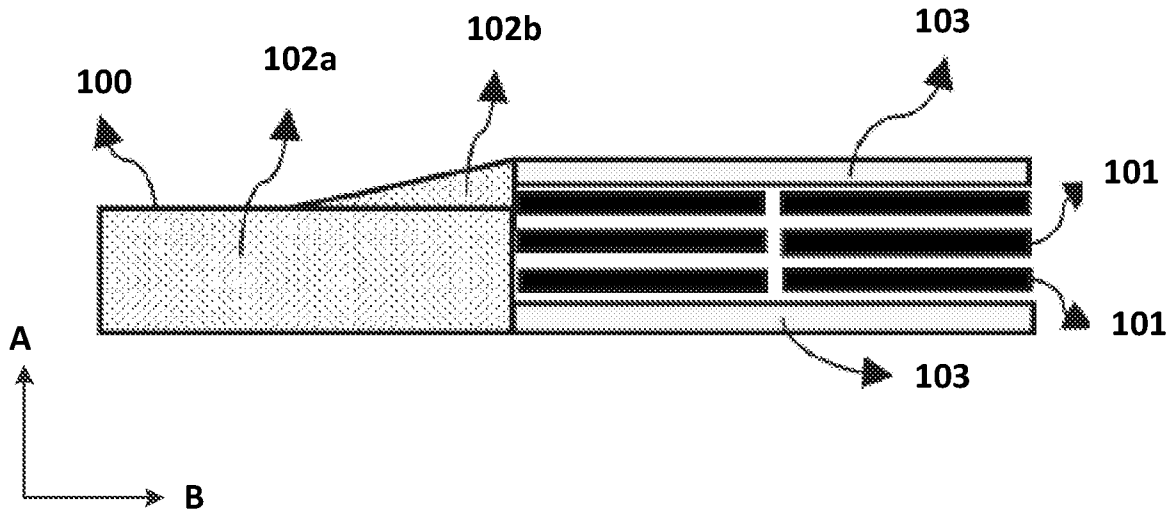


图 1C

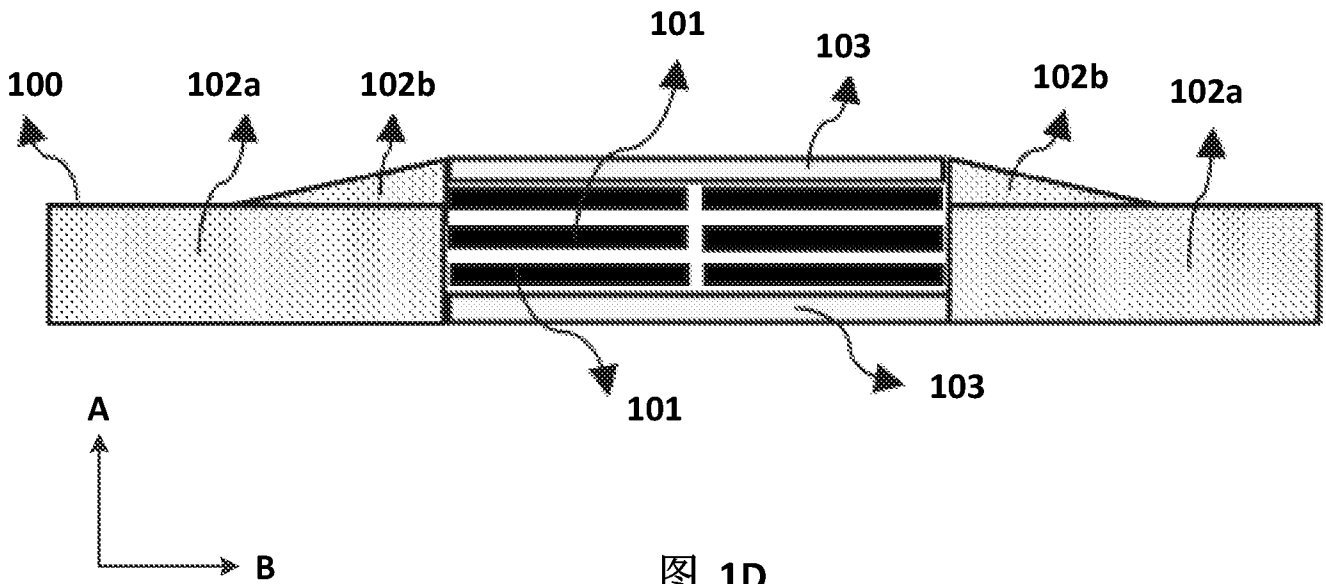


图 1D

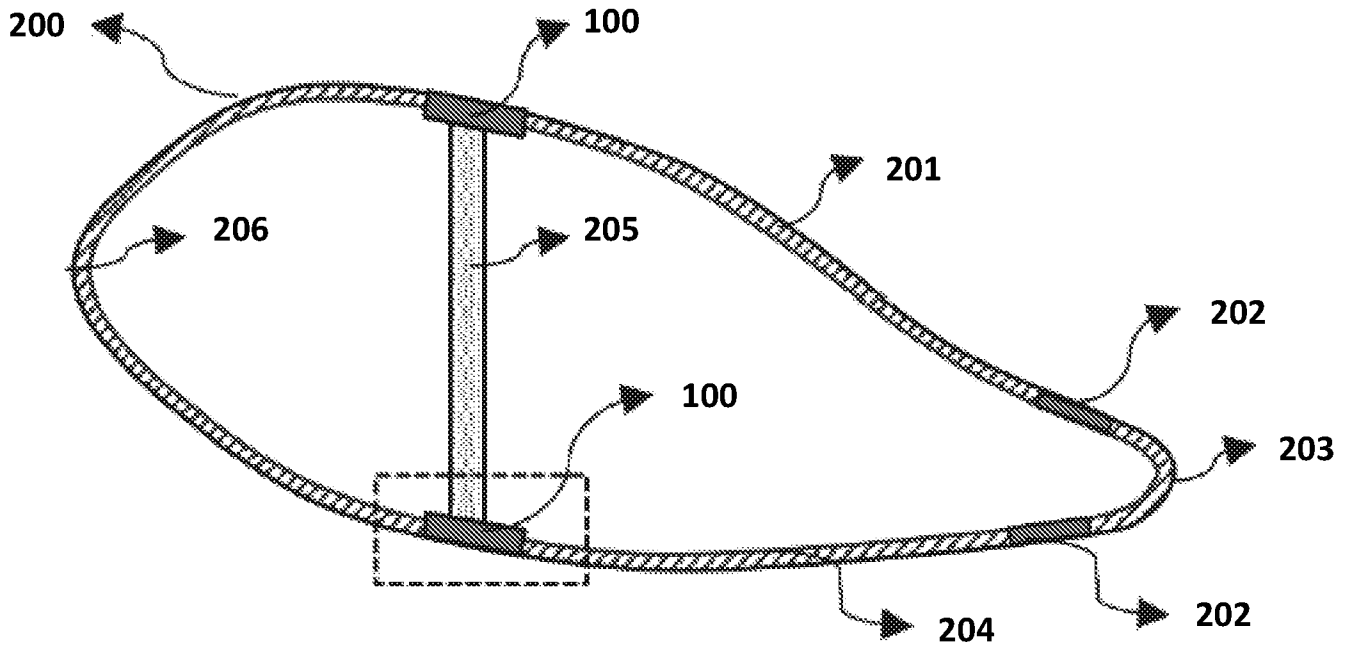


图 2

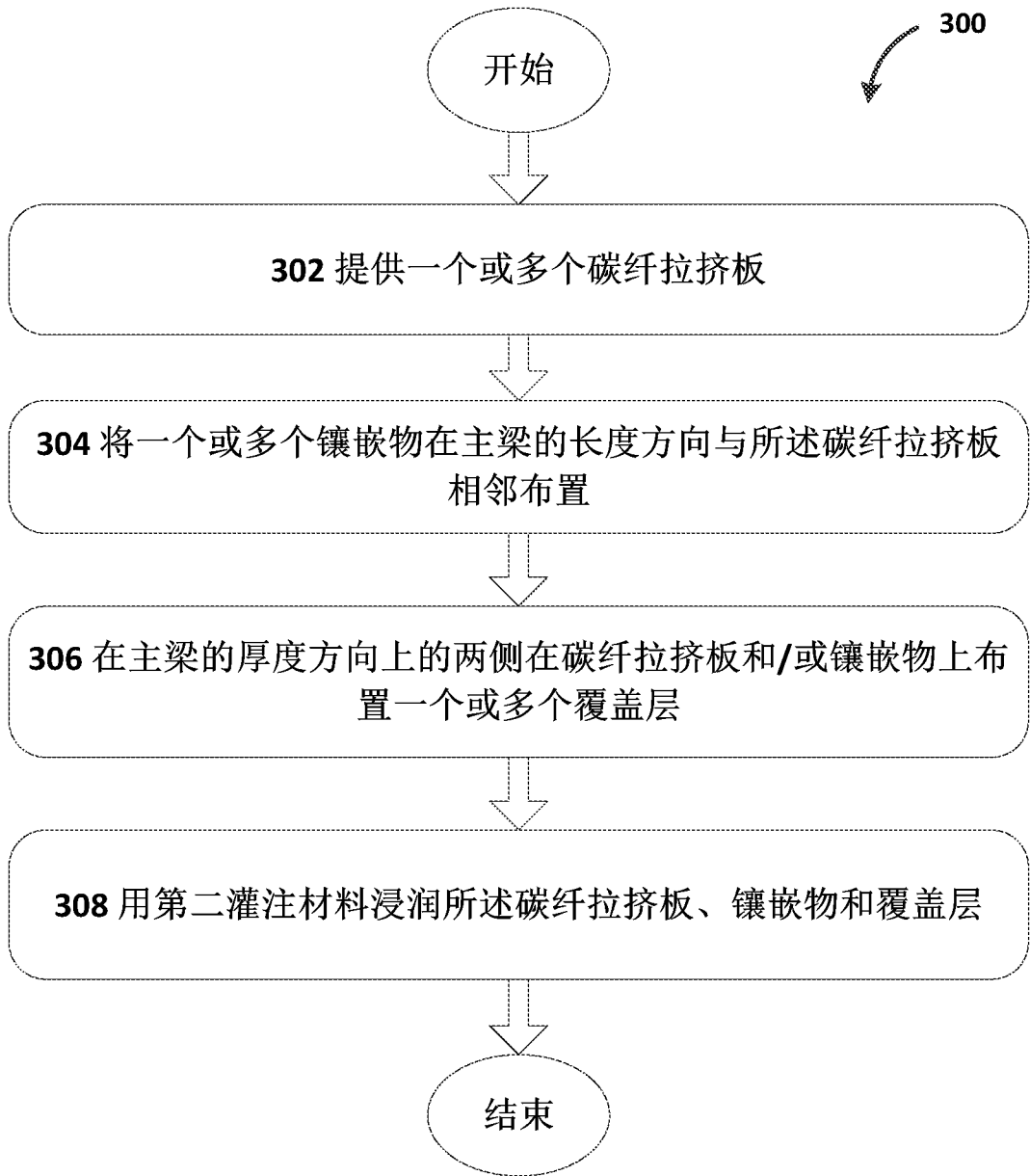


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/075678

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
F03D 1/06(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
F03D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
SIPOABS; CNABS; CNKI: 风机, 叶片, 主梁, 主梁帽, 碳纤, wind power, fan, blade, main beam, cap, carbon fiber fabric		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108284623 A (JIANGSU GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 July 2018 (2018-07-17) description, paragraphs 21-38 and figures 1-2	1-17
A	CN 109098929 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 28 December 2018 (2018-12-28) entire document	1-17
A	US 2017082089 A1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 23 March 2017 (2017-03-23) entire document	1-17
A	US 2018058422 A1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 01 March 2018 (2018-03-01) entire document	1-17
A	CN 103817955 A (SINOMA WIND POWER BLADE CO., LTD.) 28 May 2014 (2014-05-28) entire document	1-17
A	CN 106401865 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 28 December 2018 (2018-12-28) entire document	1-17
A	CN 109094075 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 28 December 2018 (2018-12-28) entire document	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
09 April 2020		27 April 2020
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/075678

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	108284623	A	17 July 2018	None	
CN	109098929	A	28 December 2018	US 2018372065 A1	27 December 2018
				EP 3418557 A1	26 December 2018
				IN 201844023037 A	28 December 2018
US	2017082089	A1	23 March 2017	US 10107257 B2	23 October 2018
US	2018058422	A1	01 March 2018	US 10422316 B2	24 September 2019
CN	103817955	A	28 May 2014	None	
CN	106401865	A	28 December 2018	CA 2937263 A1	30 January 2017
				US 2017030330 A1	02 February 2017
				BR 102016017640 A2	31 January 2017
				EP 3124785 A1	01 February 2017
				MX 2016009964 A	30 January 2017
				IN 201644024860 A	03 February 2017
CN	109094075	A	28 December 2018	US 2018372066 A1	27 December 2018
				EP 3418556 A1	26 December 2018
				US 10465653 B2	05 November 2019
				IN 201844021870 A	21 December 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/075678

<p>A. 主题的分类</p> <p>F03D 1/06 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>F03D</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>SIPOABS;CNABS;CNKI:风机, 叶片, 主梁, 主梁帽, 碳纤, wind power, fan, blade, main beam, cap, carbon fiber fabric</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 108284623 A (江苏金风科技有限公司) 2018年 7月 17日 (2018 - 07 - 17) 说明书第21-38段以及附图1-2</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109098929 A (通用电气公司) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017082089 A1 (GEN ELECTRIC) 2017年 3月 23日 (2017 - 03 - 23) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018058422 A1 (GEN ELECTRIC) 2018年 3月 1日 (2018 - 03 - 01) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103817955 A (中材科技风电叶片股份有限公司) 2014年 5月 28日 (2014 - 05 - 28) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106401865 A (GEN ELECTRIC) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109094075 A (GEN ELECTRIC) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 108284623 A (江苏金风科技有限公司) 2018年 7月 17日 (2018 - 07 - 17) 说明书第21-38段以及附图1-2	1-17	A	CN 109098929 A (通用电气公司) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文	1-17	A	US 2017082089 A1 (GEN ELECTRIC) 2017年 3月 23日 (2017 - 03 - 23) 全文	1-17	A	US 2018058422 A1 (GEN ELECTRIC) 2018年 3月 1日 (2018 - 03 - 01) 全文	1-17	A	CN 103817955 A (中材科技风电叶片股份有限公司) 2014年 5月 28日 (2014 - 05 - 28) 全文	1-17	A	CN 106401865 A (GEN ELECTRIC) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文	1-17	A	CN 109094075 A (GEN ELECTRIC) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文	1-17
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
X	CN 108284623 A (江苏金风科技有限公司) 2018年 7月 17日 (2018 - 07 - 17) 说明书第21-38段以及附图1-2	1-17																								
A	CN 109098929 A (通用电气公司) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文	1-17																								
A	US 2017082089 A1 (GEN ELECTRIC) 2017年 3月 23日 (2017 - 03 - 23) 全文	1-17																								
A	US 2018058422 A1 (GEN ELECTRIC) 2018年 3月 1日 (2018 - 03 - 01) 全文	1-17																								
A	CN 103817955 A (中材科技风电叶片股份有限公司) 2014年 5月 28日 (2014 - 05 - 28) 全文	1-17																								
A	CN 106401865 A (GEN ELECTRIC) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文	1-17																								
A	CN 109094075 A (GEN ELECTRIC) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 全文	1-17																								
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 4月 9日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 4月 27日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>张磊</p> <p>电话号码 010-62085520</p>																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/075678

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108284623	A	2018年 7月 17日	无			
CN	109098929	A	2018年 12月 28日	US	2018372065	A1	2018年 12月 27日
				EP	3418557	A1	2018年 12月 26日
				IN	201844023037	A	2018年 12月 28日
US	2017082089	A1	2017年 3月 23日	US	10107257	B2	2018年 10月 23日
US	2018058422	A1	2018年 3月 1日	US	10422316	B2	2019年 9月 24日
CN	103817955	A	2014年 5月 28日	无			
CN	106401865	A	2018年 12月 28日	CA	2937263	A1	2017年 1月 30日
				US	2017030330	A1	2017年 2月 2日
				BR	102016017640	A2	2017年 1月 31日
				EP	3124785	A1	2017年 2月 1日
				MX	2016009964	A	2017年 1月 30日
				IN	201644024860	A	2017年 2月 3日
CN	109094075	A	2018年 12月 28日	US	2018372066	A1	2018年 12月 27日
				EP	3418556	A1	2018年 12月 26日
				US	10465653	B2	2019年 11月 5日
				IN	201844021870	A	2018年 12月 21日