

(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
2019 年 12 月 12 日 (12.12.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/233251 A1

- (51) 国际专利分类号:
F03D 80/00 (2016.01) **F03D 80/40** (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/086946
- (22) 国际申请日: 2019 年 5 月 15 日 (15.05.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810584495.5 2018 年 6 月 8 日 (08.06.2018) CN
- (71) 申请人: 株洲时代新材料科技股份有限公司 (ZHUSHOU TIMES NEW MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412007 (CN)。
- (72) 发明人: 杨文涛 (YANG, Wentao); 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412000 (CN)。 廖志勇 (LIAO, Zhiyong); 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412007 (CN)。 彭

超义 (PENG, Chaoyi); 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412007 (CN)。 杨军 (YANG, Jun); 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412007 (CN)。 侯彬彬 (HOU, Binbin); 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412007 (CN)。 冯学斌 (FENG, Xuebin); 中国湖南省株洲市天元区海天路 18 号曾慧, Hunan 412007 (CN)。

(74) 代理人: 上海硕力知识产权代理有限公司 (普通合伙) (SHANGHAI SHUOLI INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国湖南省株洲市天元区长江北路 18 号三湘大厦 513 号曹萍, Hunan 412007 (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,

(54) Title: ANTI-ICING METHOD FOR ENTIRE WIND TURBINE BLADE AND PRODUCT

(54) 发明名称: 风电机组叶片整体防冰方法及产品

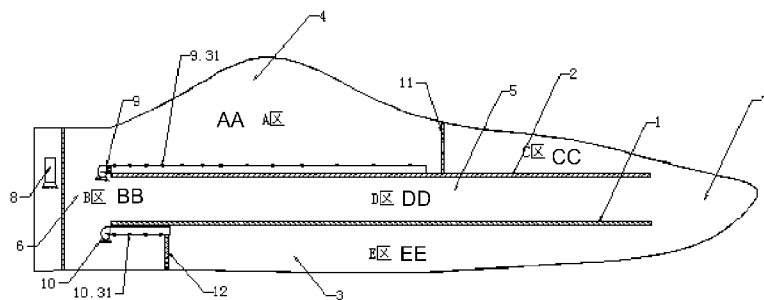


图 1

(57) Abstract: An anti-icing method for an entire wind turbine blade. An LE web (1) and a TE web (2) are installed in an inner cavity of a blade. A space close to the LE web (1) in the inner cavity of the blade is a front edge of the blade (3). A space close to the TE web (2) is a back edge of the blade (4). A space between the LE web (1) and the TE web (2) is a blade body segment (5). Two sides of the blade body segment (5) are respectively a blade root segment (6) and a blade tip segment (7). A blade root control cabinet (8) is disposed in the blade root segment (6). The inner cavity of the blade is divided into five thermally conductive regions according to the thermal conduction difference of the blade structure, wherein a region A is a space region of the back edge of the blade (4) close to the blade root segment (6), a region B is a space region of the blade root segment (6), a region C is a space region of the back edge of the blade (4) close to the blade tip segment (7), a region D is a space region of the blade body segment (5), and a region E is a space region of the front edge of the blade (3). A heating and blowing device and an air suction device electrically connected to the blade root control cabinet (8) are mounted in the inner cavity of the blade, and control a flow direction of a thermal flow in the inner cavity of the blade, such that a circulation loop of the thermal flow is formed, thereby achieving an anti-icing function for the entire blade.

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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))
- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则4.17(iii))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 风电机组叶片整体防冰方法, 叶片内腔中安装LE腹板(1)和TE腹板(2), 叶片内腔中靠近LE腹板(1)的空间为叶片前缘(3), 靠近TE腹板(2)的空间为叶片后缘(4), LE腹板(1)与TE腹板(2)之间为叶身段(5), 叶身段(5)两侧分别为叶根段(6)和叶尖段(7), 叶根段(6)中设有叶根控制柜(8), 根据叶片的结构导热差异, 将叶片内腔分为五个导热区, A区为叶片后缘(4)靠近叶根段(6)的空间区域, B区为叶根段(6)的空间区域, C区为叶片后缘(4)靠近叶尖段(7)的空间区域, D区为叶身段(5)的空间区域, E区为叶片前缘(3)的空间区域, 在叶片内腔中安装分别与叶根控制柜(8)电连接的加热鼓风装置(9)和抽风装置(10), 二者控制叶片内腔中的热流流动方向, 形成热流循环回路, 实现叶片的整体防冰。

风电机组叶片整体防冰方法及产品

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风电机组叶片整体防冰方法及产品，属于风电叶片防结冰技术领域。

背景技术

[0002] 风力发电机组在运行过程中，风轮叶片会遭受各种恶劣环境的考验，其中叶片表面在寒冷环境中结冰是困扰风电机组冬季运转的主要因素。风轮叶片结冰后会造成风电机组发电量降低甚至停机，结冰后叶片的质量不平衡会造成塔筒底部的疲劳损伤增强，旋转叶片上冰块从高空甩落会产生危害隐患，因此防止叶片结冰或者叶片结冰后迅速除冰是风电技术研究的一个热点。

[0003] 根据风电叶片的结构导热差异，叶片后缘靠叶根段，该区域因夹芯厚度较大，导热性能弱，防冰难度最大；叶根段区域，因叶根复合材料铺层较厚导致叶片表面升温效果也较差，防冰难度也较大；后缘靠叶尖段区域，形状扁平而导致后缘边界附近对流不充分，防冰难度次之；叶片 LE 腹板与 TE 腹板之间叶身段和叶片前缘区域的热传导性能好，防冰难度最小。因此，如何设计出合理的导热结构和热流通方式，使热流重点加热叶片后缘靠近叶根段所在的内腔区域，并实现热流的循环利用，形成叶片整体防冰，提高热能利用率，是当前本领域的重要研究课题之一。

[0004] 检索到的相关现有技术有：

1、CN 105402090 A，本发明公开了大功率风力发电机叶片模块化气热抗冰方法及安装方法，在叶片根部设置模块化的加热系统，在叶片内铺设通风管道，并在通风管道末端设置挡风板将叶片前缘分隔为两部分，使通风管道中的热风只能通向叶尖并经过叶片后缘循环至叶片根部中，从而使热风在叶片内部循环并形成“叶根—叶尖—叶根”闭环回路，达到重点加热叶片前缘的目的。

[0005] 2、CN 105626370 A，涉及一种抗冰风电叶片结构，是一种大功率风力发电机组的风轮叶片，应用于风力发电领域，主要包括置于风轮叶片内的气加热控制柜及气加热系统、电加热控制柜及电发热元件和前、后缘腹板，所述风轮叶片被前、后缘腹板分成前缘和后缘，所述电发热元件置于叶片前缘外表面，所述气加热系统置于叶根处。

[0006] 3、CN 205154494 U，公开了一种抗冰冻叶片，在抗冰冻叶片的叶根部的内腔中设有内挡板、人孔板、加热器、加热器支架、鼓风机、鼓风机支架；人孔板设置于叶根部的内

腔中远离叶尖部，内挡板设置于叶根部的内腔的中部，该内挡板中央设有开孔；加热器支架设置于人孔板与内挡板间，该加热器支架的一端连接于叶根部的内腔表面，对侧端连接加热器；鼓风机支架设置于内挡板近抗冰冻叶片的叶尖部的侧面，该鼓风机支架的一端连接于叶根部的内腔表面，对侧端连接鼓风机，鼓风机支架的侧壁与内挡板贴合并固定连接。

发明内容

[0007] 发明提供的风电机组叶片整体防冰方法，根据风电叶片的结构导热差异，合理设计叶片内腔的导热结构和热流通过程，使热流首先加热叶片后缘靠近叶根段所处的内腔区域，实现热流的循环利用，实现叶片整体防冰，提高热能利用率，本发明还提供一种风电机组叶片。

[0008] 为达到上述目的，本发明的技术方案是：

风电机组叶片整体防冰方法，叶片内腔中安装 LE 腹板和与 LE 腹板平行的 TE 腹板，叶片内腔中靠近 LE 腹板的空间为叶片前缘，靠近 TE 腹板的空间为叶片后缘，LE 腹板与 TE 腹板之间为叶身段，叶身段两侧分别为叶根段和叶尖段，叶根段中设有叶根控制柜，其特征在于根据叶片的结构导热差异，将叶片内腔分为五个导热区，A 区为叶片后缘靠近叶根段的的空间区域，B 区为叶根段的的空间区域，C 区为叶片后缘靠近叶尖段的的空间区域，D 区为叶身段的的空间区域，E 区为叶片前缘的空间区域，在叶片内腔中安装分别与叶根控制柜电连接的加热鼓风装置和抽风装置，由加热鼓风装置和抽风装置控制叶片内腔中的热流流动方向，热流先流入 A 区，再经 A 区流向 B 区和 C 区，之后流经 D 区和 E 区，并返回至 A 区，形成热流循环回路，实现叶片的整体防冰。

[0009] 优选的，所述的 A 区和 C 区通过安装在叶片内腔中的 TE 挡风板分隔，TE 挡风板上开有用于热流流通的流通孔，TE 挡风板垂直固定在 TE 腹板上，且靠近叶尖段。

[0010] 优选的，所述的 B 区与 E 区通过安装在叶片内腔中的 LE 挡风板分隔，LE 挡风板上开有用于热流流通的流通孔，LE 挡风板垂直固定在 LE 腹板上，且靠近叶根段。

[0011] 优选的，所述的加热鼓风装置包括固定在叶根段中的鼓风机、安装在鼓风机出风口的加热器和与加热器出风口对接的通风管，鼓风机和加热器分别与叶根控制柜电连接，通风管通向 A 区中。

[0012] 优选的，所述的鼓风机上装有固定支架一，固定支架一通过手糊的方式固定在叶片内腔壁上，所述的通风管沿 TE 腹板的中线固定在 TE 腹板上且位于 A 区中，通风管的长度不小于 A 区长度的一半，且通风管的管身上开有多个排气孔，通风管的前端与加热器的出风口连接，后端封闭。

[0013] 优选的，所述的抽风装置包装固定在叶根段中的抽风机和与抽风机的进风口相连的抽风管，所述的抽风管通入 E 区中。

[0014] 优选的，所述的抽风机上装有固定支架二，固定支架二通过手糊的方式固定在叶片内腔壁上，抽风管沿 LE 腹板的中线固定 LE 腹板上，且抽风管的一端贯穿 LE 挡风板上的流通孔伸入 E 区中，抽风管的管身上开有多个抽风孔，抽风管一端伸入至 E 区中的长度为 5~10cm。

[0015] 优选的，将抽风装置的出风口直接接入加热鼓风装置的进风口。

[0016] 优选的，在加热鼓风装置的进风口处及 A 区分别安装温度传感器，且温度传感器均与叶根控制柜连接，通过叶根控制柜将温度信号传输于地面控制系统，地面控制系统根据接收到的温度信号和风电机所处的环境温度，对加热鼓风装置和抽风装置进行启闭及功率大小控制，从而对叶片内腔中形成的热流循环回路的热流速度、流量和温度进行控制，实现叶片的实时防冰控制。

[0017] 采用以上所述的风电机组叶片整体防冰方法的风电机组叶片，其特征在于叶片内腔分为五个导热区，A 区为叶片后缘靠近叶根段的区域，B 区为叶根段的区域，C 区为叶片后缘靠近叶尖段的区域，D 区为叶身段的区域，E 区为叶片前缘的区域，叶片内腔中安装分别与叶根控制柜电连接的加热鼓风装置和抽风装置，由加热鼓风装置和抽风装置控制叶片内腔中的热流流动方向，热流先流入 A 区，再经 A 区流向 B 区和 C 区，之后流经 D 区和 E 区，并返回至 A 区，形成热流循环回路。

[0018] 本发明根据风电叶片的结构导热差异，合理设计叶片内腔的导热结构和热流通过程，A 区因夹芯厚度较大、导热性能弱，需要优先提供热流，热流先流入 A 区，使热流首先加热叶片后缘靠近叶根段所处的内腔区域，B 区因叶根复合材料铺层较厚导致叶片表面升温效果也较差，与 A 区联通导热；C 区因形状扁平而导致叶片后缘边界附近对流不充分，优先利用与 A 区的热流对流来升温；D 区和 E 区因较前述 A、B、C 三个区域的热传导性能好，利用抽风装置将 B 区和 C 区的热流引入升温，并返回至 A 区，形成热流循环回路，实现热流的循环利用，实现叶片整体防冰，提高热能利用率。

[0019] 在风电叶片内腔中安装鼓风加热装置和抽风装置，通过鼓风加热装置和抽风装置来控制叶片内腔的热流流动方向形成热流循环，而且将鼓风加热装置和抽风装置都设计在叶根段，即便于安装与固定，避免受雷击风险，易于维护和检修。

[0020] 鼓风加热装置和抽风装置在叶片内腔的设置依靠叶片内部的 LE 腹板和 TE 腹板，结构稳定性好，易于实现，并能通过对鼓风加热装置和抽风装置的控制，满足不同环境温度下

叶片的防冰要求。

附图说明

[0021] 图 1 为具体实施方式中的风电机组叶片的内部结构示意图。

[0022] 图 2 为热流在叶片内腔中循环流动的示意图。

[0023] 图 3 为鼓风加热装置装在叶片内腔中的结构示意图。

[0024] 图 4 为抽风装置装在叶片内腔中的结构示意图。

具体实施方式

[0025] 下面将通过附图 1~4 和实施例对本发明做进一步的描述。

[0026] 风电机组叶片整体防冰方法，叶片内腔中安装 LE 腹板 1 和与 LE 腹板 1 平行的 TE 腹板 2，叶片内腔中靠近 LE 腹板 1 的空间为叶片前缘 3，靠近 TE 腹板 2 的空间为叶片后缘 4，LE 腹板 1 与 TE 腹板 2 之间为叶身段 5，叶身段 5 两侧分别为叶根段 6 和叶尖段 7，叶根段 6 中设有叶根控制柜 8，其特征在于根据叶片的结构导热差异，将叶片内腔分为五个导热区，A 区为叶片后缘 4 靠近叶根段 6 的空间区域，B 区为叶根段 6 的空间区域，C 区为叶片后缘 4 靠近叶尖段 7 的空间区域，D 区为叶身段 5 的空间区域，E 区为叶片前缘 3 的空间区域，在叶片内腔中安装分别与叶根控制柜 8 电连接的加热鼓风装置 9 和抽风装置 10，由加热鼓风装置 9 和抽风装置 10 控制叶片内腔中的热流流动方向，热流先流入 A 区，再经 A 区流向 B 区和 C 区，之后流经 D 区和 E 区，并返回至 A 区，形成热流循环回路，实现叶片的整体防冰。

[0027] 如图 1 和 2 所示，根据风电叶片的结构导热差异，A 区因夹芯厚度较大、导热性能弱，需要优先提供热流，热流先流入 A 区，使热流首先加热叶片后缘靠近叶根段所处的内腔区域，B 区因叶根复合材料铺层较厚导致叶片表面升温效果也较差，与 A 区的联通导热；C 区形状扁平而导致叶片后缘边界附近对流不充分，优先利用与 A 区的热流对流来升温；D 区和 E 区因较前述 A、B、C 三个区域的热传导性能好，利用抽风装置将 B 区和 C 区的热流引入升温，并返回至 A 区，形成热流循环回路，实现热流的循环利用，形成叶片整体防冰，提高热能利用率。

[0028] 其中，所述的 A 区和 C 区通过安装在叶片内腔中的 TE 挡风板 11 分隔，TE 挡风板 11 上开有用于热流流通的流通孔，TE 挡风板 11 垂直固定在 TE 腹板 2 上，且靠近叶尖段 7。TE 挡风板 11 分隔 A、C 两区，降低热流从 A 区到 C 区的流速和流量，防止 C 区热流堆积过多，而因形状扁平又无法流通出来，保证 C 区内外热流有效且充分对流。

[0029] 其中，所述的 B 区与 E 区通过安装在叶片内腔中的 LE 挡风板 12 分隔，LE 挡风板

12 上开有用于热流流通的流通孔，LE 挡风板 12 垂直固定在 LE 腹板 1 上，且靠近叶根段 6。LE 挡风板 12 分隔 B、E 两区，阻止热流从 B 区直接流入 E 区，防止热流在 E 区堆积，避免 E 区热流过多堆积不利于其它各区热流的分配，影响其它各区的防冰效果。同时 LE 挡风板 12 也用于抽风装置 10 的安装与定位，通过抽风装置 10 抽动使流量流经 D 区和 E 区，即符合 D、E 两区导热性能好，流量快速流经即可防冰的特点，也可大幅提高热流循环流动速度，提高热能利用率。

[0030] 其中，所述的加热鼓风装置 9 包括固定在叶根段 6 中的鼓风机 9.1、安装在鼓风机 9.1 出风口的加热器 9.2 和与加热器 9.2 出风口对接的通风管 9.3，鼓风机 9.1 和加热器 9.2 分别与叶根控制柜 8 电连接，通风管 9.3 通向 A 区中，保证热流首先加热叶片后缘靠近叶根段所处的内腔区域，防止相应外壳处结冰。

[0031] 其中，所述的鼓风机 9.1 上装有固定支架一 9.4，固定支架一 9.4 通过手糊的方式固定在叶片内腔壁上，易于在叶片内腔中固定；所述的通风管 9.3 沿 TE 腹板 2 的中线固定在 TE 腹板 2 上且位于 A 区中，通风管 9.3 依靠 TE 腹板 2 定位，易于安装，结构稳定性好，同时将通风管 9.3 沿 TE 腹板 2 中线固定可避免因叶片受风后变形弯曲产生的拉/压应变而发生松脱或开裂现象；通风管 9.3 的长度不小于 A 区长度的一半，且通风管 9.3 的管身上开有多个排气孔 9.31，通风管 9.3 的前端与加热器 9.2 的出风口连接，后端封闭。如图 2 所示，通过排气孔 9.31 将热空气有效均匀的排至 A 区中，使 A 区受热均匀，防止热量堆积，通风管 9.3 后端封闭避免热流从后端集中排出，造成热量堆积，提高热流的流通速度和 A 区的温度均匀性。

[0032] 其中，所述的抽风装置 10 包括固定在叶根段 6 中的抽风机 10.1 和与抽风机 10.1 的进风口相连的抽风管 10.2，所述的抽风管 10.2 通入 E 区中。

[0033] 所述的抽风机 10.1 上装有固定支架二 10.3，固定支架二 10.3 通过手糊的方式固定在叶片内腔壁上，抽风管 10.2 沿 LE 腹板 1 的中线固定 LE 腹板 1 上，且抽风管 10.3 的一端贯穿 LE 挡风板 12 上的流通孔伸入 E 区中，抽风管 10.3 的管身上开有多个抽风孔 10.31，抽风管 10.3 一端伸入至 E 区中的长度为 5~10cm。抽风管 10.3 依靠 LE 腹板 1 定位，易于安装，结构稳定性好，同时将抽风管 10.3 沿 LE 腹板 1 中线固定可避免因叶片受风后变形弯曲产生的拉/压应变而发生松脱或开裂现象。如图 2 所示，通过抽风孔 10.31 和抽风管 10.2 的进风端快速将 D、E 两区的热流抽入，增加热流的流动速度，提高热流的循环流动效率，从而提高导热效率。抽风管 10.3 一端伸入至 E 区中的长度为 5~10cm 可有效防止抽风管 10.3 与 LE 挡风板 12 脱离，同时也能保证热流有效流经 E 区后，才被抽入抽风管 10.3 中，提高热流在

E 区的导热有效性。

[0034] 其中，将抽风装置 10 的出风口直接接入加热鼓风装置 9 的进风口。从图 2 中可以看出，通过抽风装置 10 抽进的气流先回流至 B 区，再由 B 区流入 A 区，如将抽风装置 10 的出风口和加热鼓风装置 9 的进风口直接对接，则抽风装置 10 抽进的气流会被鼓风加热装置 9 加热后直接流进 A 区，进行循环流通，这样可提高热流在叶片内腔中的流动速度，进一步提高导热效率。在实际结构中，即是将抽风机 10.1 出风口直接连接鼓风机 9.1 的进风口。

[0035] 其中，在加热鼓风装置 9 的进风口处及 A 区分别安装温度传感器，且温度传感器均与叶根控制柜 8 连接，通过叶根控制柜 8 将温度信号传输于地面控制系统，地面控制系统根据接收到的温度信号和风电机组所处的环境温度，对加热鼓风装置 9 和抽风装置 10 进行启闭及功率大小控制，从而对叶片内腔中形成的热流循环回路的热流速度、流量和温度进行控制，实现叶片的实时防冰控制。从而提高风电机组的防冰可靠性和实用性，并可实现对风电机组叶片内腔的温度、空气流速和流量的实时监测。

[0036] 采用以上所述的风电机组叶片整体防冰方法的风电机组叶片，其特征在于叶片内腔分为五个导热区，A 区为叶片后缘 4 靠近叶根段 6 的空间区域，B 区为叶根段 6 的空间区域，C 区为叶片后缘 4 靠近叶尖段 7 的空间区域，D 区为叶身段 5 的空间区域，E 区为叶片前缘 3 的空间区域，叶片内腔中安装分别与叶根控制柜 8 电连接的加热鼓风装置 9 和抽风装置 10，由加热鼓风装置 9 和抽风装置 10 控制叶片内腔中的热流流动方向，热流先流入 A 区，再经 A 区流向 B 区和 C 区，之后流经 D 区和 E 区，并返回至 A 区，形成热流循环回路。

[0037] 以上所述的风电机组叶片，根据风电叶片的结构导热差异，合理设计叶片内腔的导热结构和热流通过过程，在叶片内腔形成热流循环回路，实现热流的循环利用，实现叶片整体防冰，提高热能利用率。

[0038] 本发明的优点在于：

1、根据风电叶片的结构导热差异，合理设计叶片内腔的导热结构和热流通过过程，在叶片内腔形成热流循环回路，实现热流的循环利用，实现叶片整体防冰，提高热能利用率。

[0039] 2、通过鼓风加热装置和抽风装置来控制叶片内腔的热流流动方向形成热流循环，而且将鼓风加热装置和抽风装置都设计在叶根段，即便于安装与固定，避免受雷击风险，易于维护和检修。

[0040] 3、鼓风加热装置和抽风装置在叶片内腔的设置依靠叶片内部的 LE 腹板和 TE 腹板，结构稳定性好，易于实现。

[0041] 4、通过对鼓风加热装置和抽风装置的控制，可满足不同环境温度下叶片的防冰要求。

[0042] 以上结合附图对本发明实施例的技术方案进行完整描述，需要说明的是所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

权利要求书

1. 风电机组叶片整体防冰方法，叶片内腔中安装 LE 腹板（1）和与 LE 腹板（1）平行的 TE 腹板（2），叶片内腔中靠近 LE 腹板（1）的空间为叶片前缘（3），靠近 TE 腹板（2）的空间为叶片后缘（4），LE 腹板（1）与 TE 腹板（2）之间为叶身段（5），叶身段（5）两侧分别为叶根段（6）和叶尖段（7），叶根段（6）中设有叶根控制柜（8），其特征在于根据叶片的结构导热差异，将叶片内腔分为五个导热区，A 区为叶片后缘（4）靠近叶根段（6）的空间区域，B 区为叶根段（6）的空间区域，C 区为叶片后缘（4）靠近叶尖段（7）的空间区域，D 区为叶身段（5）的空间区域，E 区为叶片前缘（3）的空间区域，在叶片内腔中安装分别与叶根控制柜（8）电连接的加热鼓风装置（9）和抽风装置（10），由加热鼓风装置（9）和抽风装置（10）控制叶片内腔中的热流流动方向，热流先流入 A 区，再经 A 区流向 B 区和 C 区，之后流经 D 区和 E 区，并返回至 A 区，形成热流循环回路，实现叶片的整体防冰。
2. 根据权利要求 1 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于所述的 A 区和 C 区通过安装在叶片内腔中的 TE 挡风板（11）分隔，TE 挡风板（11）上开有用于热流流通的流通孔，TE 挡风板（11）垂直固定在 TE 腹板（2）上，且靠近叶尖段（7）。
3. 根据权利要求 1 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于所述的 B 区与 E 区通过安装在叶片内腔中的 LE 挡风板（12）分隔，LE 挡风板（12）上开有用于热流流通的流通孔，LE 挡风板（12）垂直固定在 LE 腹板（1）上，且靠近叶根段（6）。
4. 根据权利要求 1 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于所述的加热鼓风装置（9）包括固定在叶根段（6）中的鼓风机（9.1）、安装在鼓风机（9.1）出风口的加热器（9.2）和与加热器（9.2）出风口对接的通风管（9.3），鼓风机（9.1）和加热器（9.2）分别与叶根控制柜（8）电连接，通风管（9.3）通向 A 区中。
5. 根据权利要求 4 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于所述的鼓风机（9.1）上装有固定支架一（9.4），固定支架一（9.4）通过手糊的方式固定在叶片内腔壁上，所述的通风管（9.3）沿 TE 腹板（2）的中线固定在 TE 腹板（2）上且位于 A 区中，通风管（9.3）的长度不小于 A 区长度的一半，且通风管（9.3）的管身上开有多个排气孔（9.31），通风管（9.3）的前端与加热器（9.2）的出风口连接，后端封闭。
6. 根据权利要求 3 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于所述的抽风装置（10）包装固定在叶根段（6）中的抽风机（10.1）和与抽风机（10.1）的进风口相连的抽风管（10.2），所述的抽风管（10.2）通入 E 区中。
7. 根据权利要求 6 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于所述的抽风机（10.1）上

装有固定支架二（10.3），固定支架二（10.3）通过手糊的方式固定在叶片内腔壁上，抽风管（10.2）沿 LE 腹板（1）的中线固定 LE 腹板（1）上，且抽风管（10.3）的一端贯穿 LE 挡风板（12）上的流通孔伸入 E 区中，抽风管（10.3）的管身上开有多个抽风孔（10.31），抽风管（10.3）一端伸入至 E 区中的长度为 5~10cm。

8. 根据权利要求 1 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征在于将抽风装置（10）的出风口直接接入加热鼓风装置（9）的进风口。

9. 根据权利要求 1 所述的风电机组叶片整体防冰方法，其特征于在加热鼓风装置（9）的进风口处及 A 区分别安装温度传感器，且温度传感器均与叶根控制柜（8）连接，通过叶根控制柜（8）将温度信号传输于地面控制系统，地面控制系统根据接收到的温度信号和风电机组所处的环境温度，对加热鼓风装置（9）和抽风装置（10）进行启闭及功率大小控制，从而对叶片内腔中形成的热流循环回路的热流速度、流量和温度进行控制，实现叶片的实时防冰控制。

10. 采用权利要求 1 至 9 任一项所述的风电机组叶片整体防冰方法的风电机组叶片，其特征在于叶片内腔分为五个导热区，A 区为叶片后缘（4）靠近叶根段（6）的空间区域，B 区为叶根段（6）的空间区域，C 区为叶片后缘（4）靠近叶尖段（7）的空间区域，D 区为叶身段（5）的空间区域，E 区为叶片前缘（3）的空间区域，叶片内腔中安装分别与叶根控制柜（8）电连接的加热鼓风装置（9）和抽风装置（10），由加热鼓风装置（9）和抽风装置（10）控制叶片内腔中的热流流动方向，热流先流入 A 区，再经 A 区流向 B 区和 C 区，之后流经 D 区和 E 区，并返回至 A 区，形成热流循环回路。

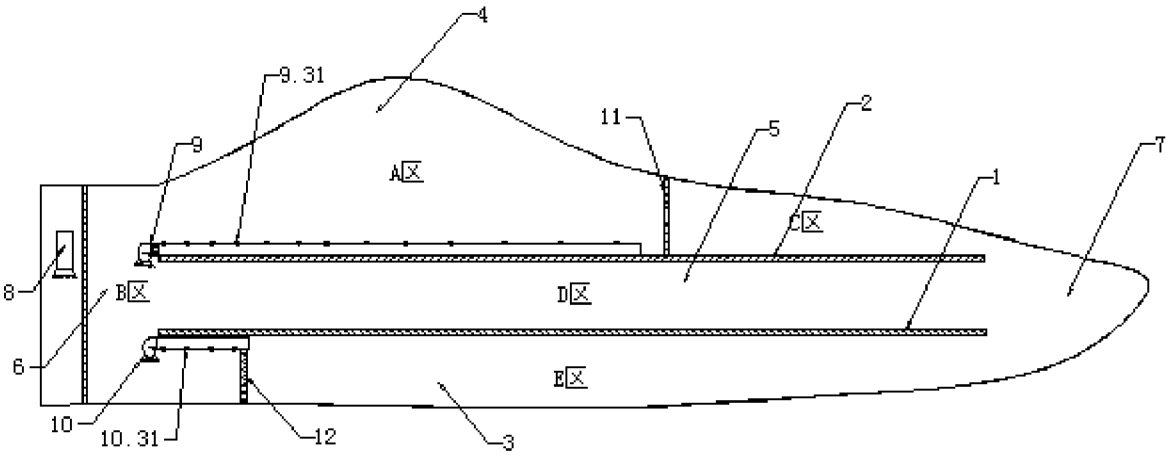


图 1

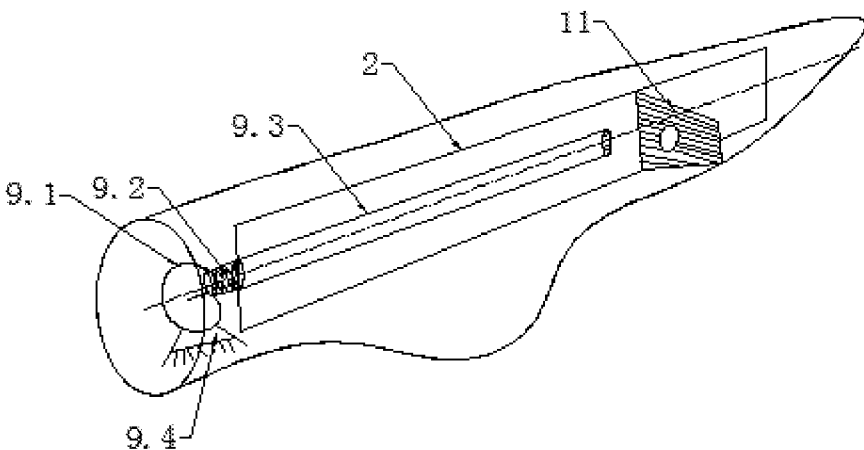


图 2

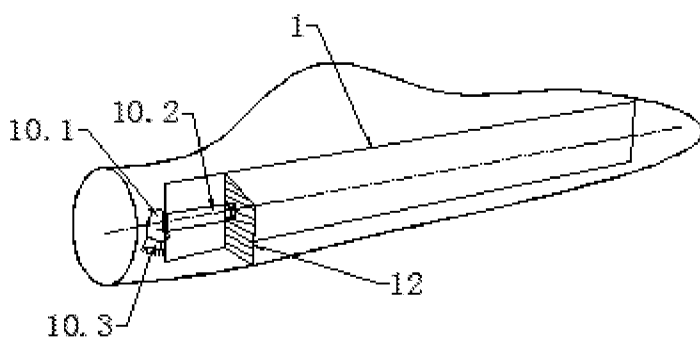


图 3

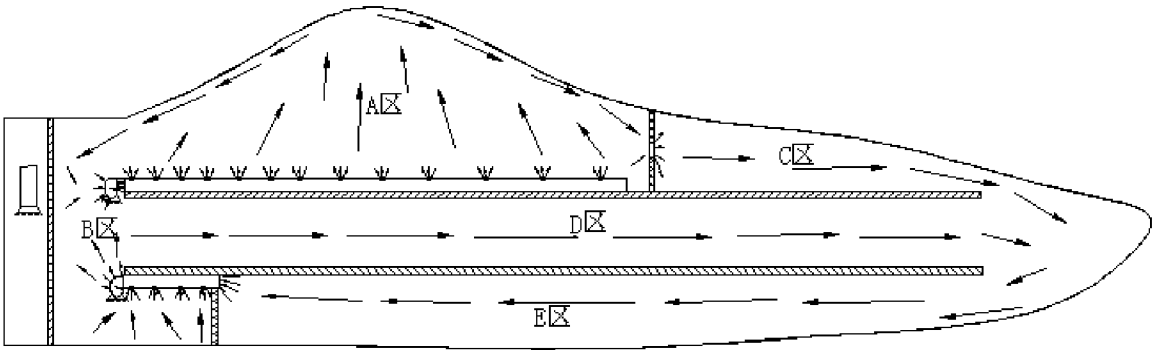


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/086946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D 80/00(2016.01)i; F03D 80/40(2016.01)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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 株洲时代新材料科技股份有限公司, 风, 电, 叶片, 防, 除, 去, 冰, 腹板, 加热, 鼓风, 抽风, 控制; wind, power, turbine, blade, leaf, prevent+, deicing, ice, web, heat+, warm+, blower, exhaust, control+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108730133 A (ZHUSHOU TIMES NEW MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 November 2018 (2018-11-02) claims 1-10	1-10
Y	CN 105626370 B (ZHUSHOU TIMES NEW MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 16 February 2018 (2018-02-16) description, paragraphs 19-22, and figures 1-2	1-10
Y	CN 102562479 A (INNER MONGOLIA ASTRONAUTICS YIYUAN TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 11 July 2012 (2012-07-11) description, paragraphs 16-19, and figures 1-2	1-10
A	CN 107905961 A (GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 April 2018 (2018-04-13) entire document	1-10
A	CN 107905962 A (ZHEJIANG WINDEY CO., LTD.) 13 April 2018 (2018-04-13) entire document	1-10
A	DE 19644355 A1 (DRAYER, J.) 30 April 1998 (1998-04-30) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

23 July 2019

Date of mailing of the international search report

14 August 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/086946

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DK 201470503 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 22 February 2016 (2016-02-22) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/086946

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108730133	A	02 November 2018	None			
CN	105626370	B	16 February 2018	EP	3214302	B1	27 February 2019
				CA	2961387	A1	06 May 2016
				RU	2017118045	A	30 November 2018
				US	2017314536	A1	02 November 2017
				EP	3214302	A4	04 July 2018
				EP	3214302	A1	06 September 2017
				CN	105626370	A	01 June 2016
				RU	2683354	C2	28 March 2019
				WO	2016065807	A1	06 May 2016
				CA	2961387	C	21 August 2018
CN	102562479	A	11 July 2012	None			
CN	107905961	A	13 April 2018	WO	2019091055	A1	16 May 2019
CN	107905962	A	13 April 2018	CN	207647702	U	24 July 2018
DE	19644355	A1	30 April 1998	None			
DK	201470503	A	22 February 2016	DK	178632	B1	26 September 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/086946

A. 主题的分类

F03D 80/00(2016.01)i; F03D 80/40(2016.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F03D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI; 株洲时代新材料科技股份有限公司, 风, 电, 叶片, 防, 除, 去, 冰, 腹板, 加热, 鼓风, 抽风, 控制; wind, power, turbine, blade, leaf, prevent+, deicing, ice, web, heat+, warm+, blower, exhaust, control+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 108730133 A (株洲时代新材料科技股份有限公司) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 权利要求1-10	1-10
Y	CN 105626370 B (株洲时代新材料科技股份有限公司) 2018年 2月 16日 (2018 - 02 - 16) 说明书第19-22段, 附图1-2	1-10
Y	CN 102562479 A (内蒙古航天亿久科技发展有限责任公司) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11) 说明书第16-19段, 附图1-2	1-10
A	CN 107905961 A (新疆金风科技股份有限公司) 2018年 4月 13日 (2018 - 04 - 13) 全文	1-10
A	CN 107905962 A (浙江运达风电股份有限公司) 2018年 4月 13日 (2018 - 04 - 13) 全文	1-10
A	DE 19644355 A1 (DRAYER, JOHANNES) 1998年 4月 30日 (1998 - 04 - 30) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 7月 23日

国际检索报告邮寄日期

2019年 8月 14日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

张向磊

电话号码 86-10-53961095

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	DK 201470503 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 2016年 2月 22日 (2016 - 02 - 22) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/086946

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	108730133	A	2018年 11月 2日	无			
CN	105626370	B	2018年 2月 16日	EP	3214302	B1	2019年 2月 27日
				CA	2961387	A1	2016年 5月 6日
				RU	2017118045	A	2018年 11月 30日
				US	2017314536	A1	2017年 11月 2日
				EP	3214302	A4	2018年 7月 4日
				EP	3214302	A1	2017年 9月 6日
				CN	105626370	A	2016年 6月 1日
				RU	2683354	C2	2019年 3月 28日
				WO	2016065807	A1	2016年 5月 6日
				CA	2961387	C	2018年 8月 21日
CN	102562479	A	2012年 7月 11日	无			
CN	107905961	A	2018年 4月 13日	WO	2019091055	A1	2019年 5月 16日
CN	107905962	A	2018年 4月 13日	CN	207647702	U	2018年 7月 24日
DE	19644355	A1	1998年 4月 30日	无			
DK	201470503	A	2016年 2月 22日	DK	178632	B1	2016年 9月 26日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)