(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108730133 A
(43)申请公布日 2018.11.02

(21)申请号 201810584495.5

(22)申请日 2018.06.08

(71)申请人 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 杨文涛 廖志勇 彭超义 杨军 侯彬彬 冯学斌

(74)专利代理机构 上海硕力知识产权代理事务所(普通合伙) 31251
代理人 王法男

(51)Int.Cl.
F03D 80/00(2016.01)
F03D 80/40(2016.01)

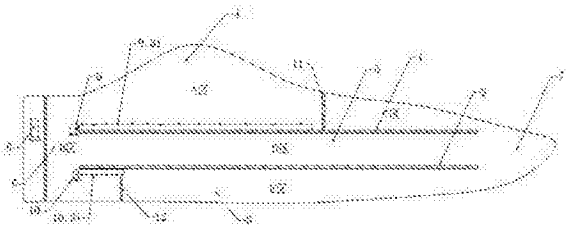
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

风电机组叶片整体防冰方法及产品

(57)摘要

风电机组叶片整体防冰方法，叶片内腔中安装LE腹板和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，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空间区域，B区为叶根段的空间区域，C区为叶片后缘靠近叶尖段的空间区域，D区为叶身段的空间区域，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，形成热流循环回路，实现叶片的整体防冰。



CN 108730133 A

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。

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空间区域，B区为叶根段的空间区域，C区为叶片后缘靠近叶尖段的空间区域，D区为叶身段的空间区域，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组所处的环境温度，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空间区域，B区为叶根段的空间区域，C区为叶片后缘靠近叶尖段的空间区域，D区为叶身段的空间区域，E区为叶片前缘的空间区域，

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，也可大辐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。

[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。

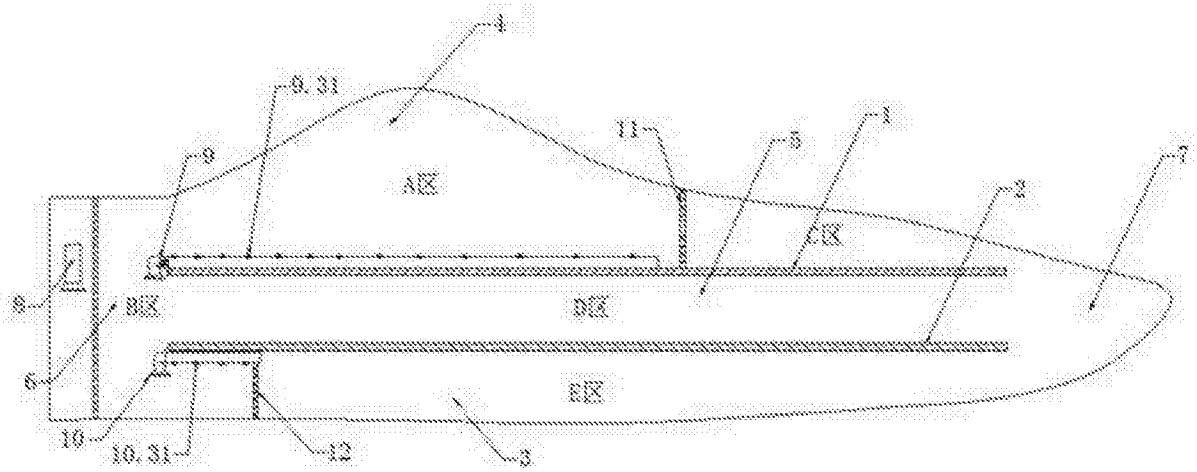

4
9.31
9
11
5
1
7
2
A区
C区
8
B区
D区
6
E区
10
10.31
12
3

图 1

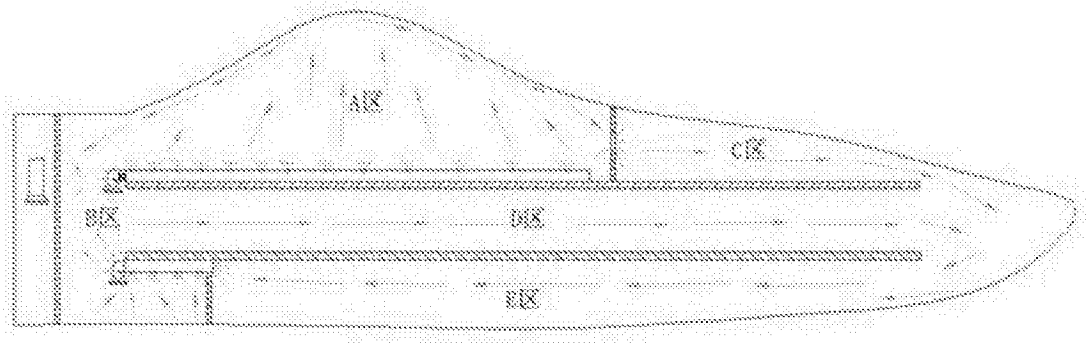

A区
C区
B区
D区
E区

图 2

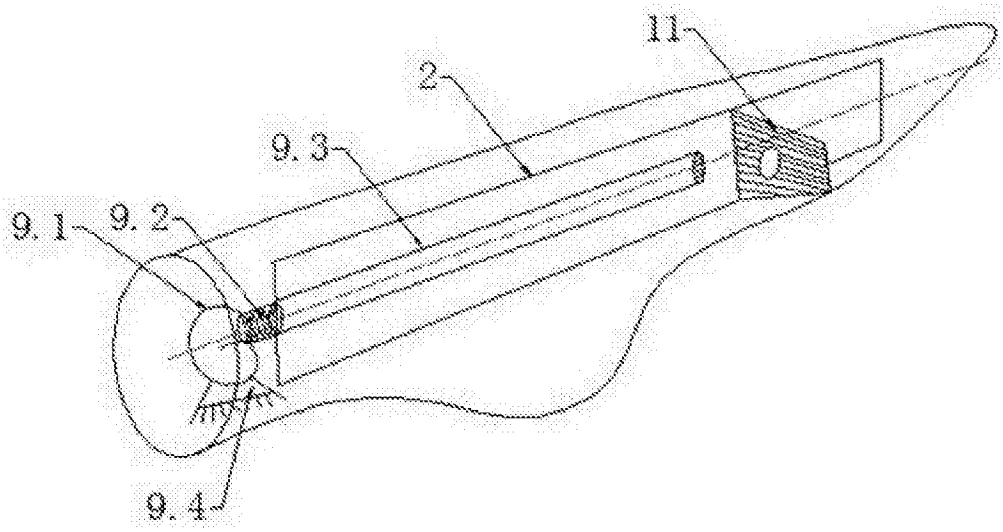

11
2
9.3
9.1
9.2
9.4

图 3

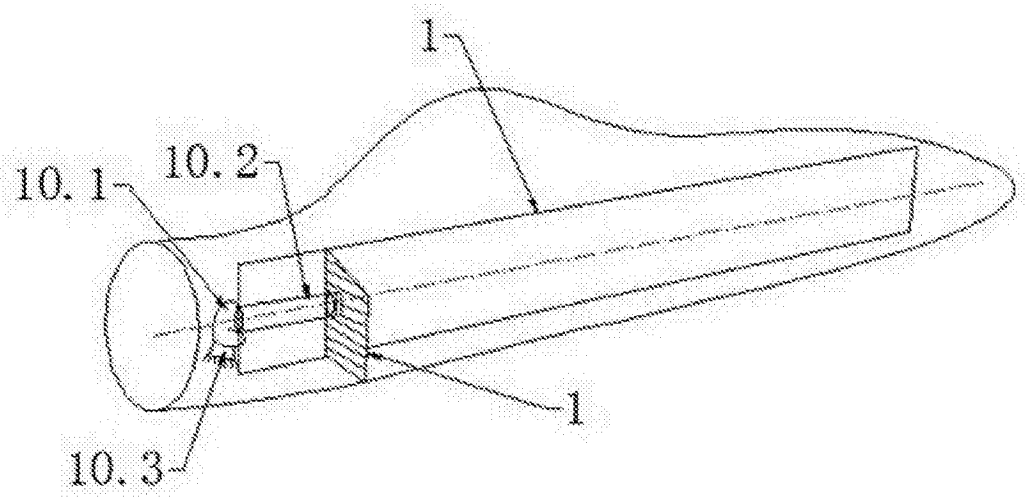


图 4