



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105829708 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201480068823.6

(22)申请日 2014.10.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105829708 A

(43)申请公布日 2016.08.03

(30)优先权数据
1318381.9 2013.10.17 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.06.16

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/DK2014/050333 2014.10.15

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/055213 EN 2015.04.23

(73)专利权人 维斯塔斯风力系统有限公司
地址 丹麦奥尔胡斯

(72)发明人 D·怀特豪斯 R·贝克

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东

(51)Int.Cl.
F03D 80/30(2016.01)
F03D 13/10(2016.01)

(56)对比文件
CN 102365454 A, 2012.02.29,
CN 102365454 A, 2012.02.29,
CN 102822518 A, 2012.12.12,
WO 2013/097855 A2, 2013.07.04,
CN 101438055 A, 2009.05.20,
审查员 张云芳

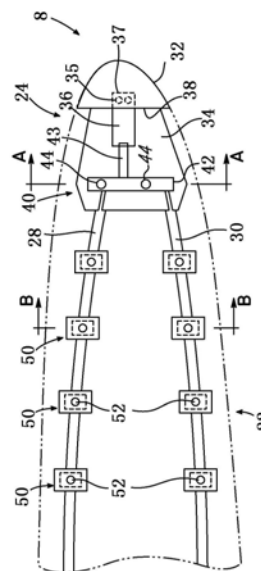
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

关于风轮机叶片用的避雷系统的改进

(57)摘要

一种用于风轮机叶片的叶梢组件,该叶梢组件包括:导电的叶梢模块;与所述导电的叶梢模块间隔开的接收器装置;连接器,该连接器将所述导电的叶梢模块电联接至所述接收器装置;以及绝缘构件,该绝缘构件使所述连接器绝缘。本发明也能表述成一种为风轮机叶片组装叶梢组件的方法,该方法包括:提供叶梢模块;为所述叶梢模块提供连接器以便将所述叶梢模块电联接至避雷系统的引下线;并且用绝缘构件包绕所述连接器。



1. 一种组装风轮机叶片(2)中的叶梢组件(24)的方法,所述方法包括:
提供导电的叶梢模块(32);
向所述叶梢模块(32)提供联接器(36)以便将所述叶梢模块电联接至避雷系统的引下线(28,30);
布置与所述叶梢模块(32)间隔开的接收器基座(42),并且将所述接收器基座连接至所述联接器(36);
在接头处将引下线(28,30)附接到所述联接器;
并且之后用绝缘构件(34)包绕所述接收器基座、所述联接器和所述接头;
并且之后在叶片组装过程中将所述叶梢组件(24)与所述引下线作为一个单元安装,使得所述绝缘构件夹在所述叶片的背风表面的内部和迎风表面的内部之间,并且粘合剂位于所述绝缘构件与所述背风表面和所述迎风表面的内部之间,以将所述绝缘构件粘合到所述叶片的所述内部。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述联接器(36)能从所述叶梢模块(32)拆卸。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述联接器(36)能被接纳在限定于所述叶梢模块(32)中的腔(37)中。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述联接器(36)呈细长板的形式。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述绝缘构件(34)包括在翼弦截面中的翼型轮廓。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述叶梢模块(32)是实心金属叶梢。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,雷电接收器元件(44)能附接至导电的该接收器基座(42)。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述接收器基座(42)呈板状。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述接收器基座(42)横向于所述叶梢组件的纵轴线延伸。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述绝缘构件(34)在包括所述接收器基座(42)的雷电接收器装置(40)与导电的所述叶梢模块(32)之间延伸。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中,包括所述接收器基座(42)的雷电接收器装置(40)在远离所述叶梢模块(32)的位置被包绕在所述绝缘构件(34)内。
12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述绝缘构件(34)是包绕所述联接器(36)与所述雷电接收器装置(40)的单体块。
13. 根据权利要求1所述的方法,该方法包括在将所述接收器基座与所述联接器(36)包绕在所述绝缘构件(34)中之前将引下线(28,30)附接至所述接收器基座(34)。

关于风轮机叶片用的避雷系统的改进

技术领域

[0001] 本发明涉及用于提高风轮机叶片抗雷击能力的风轮机叶片结构以及相关的制造过程。

背景技术

[0002] 风轮机易受雷电攻击,有时发生在塔架、机舱以及转子轮毂上,但是最常发生在风轮机的叶片上。雷击事件潜在地引起对风轮机叶片的物理损害,并且也潜在地引起对风轮机的内部控制系统的电损害。风轮机常安装在广阔的开放空间中,这使雷击屡见不鲜。因此,近年来,风轮机制造者非常尽力地设计风轮机,使得这些风轮机能够有效应对雷击过程中传给风轮机的能量以便避免叶片受损以及更换叶片过程中与风轮机停工时间相关的成本。

[0003] 公知风轮机叶片用的避雷系统。在一个实施例中,导电的雷电接收器元件布置在叶片的外表面上以接收雷击。因为接收器元件是导电的,所以对于叶片的相对不导电的材料而言,雷电更可能优先附着于接收器元件。接收器元件连接至缆线或者“引下线”,缆线或者“引下线”在叶片内部延伸至基部并且借助布置至轮毂、机舱以及塔架中的电荷转移路径的电枢装置从基部连接至地电位。因此这样的避雷系统使得雷电能够被从叶片安全引导至地电位,从而使损害的风险最小化。然而,离散的接收器元件在叶片制造过程中安装起来相对复杂,而且这些接收器元件留下很大一部分叶片区域面临遭受雷击的风险。

[0004] 风轮机叶片上雷击作用的观测揭示出:叶片叶梢处发生雷击的比例最高。为了解决此问题,W02005/031158提出了一种具有实心金属叶梢的风轮机叶片。尽管实心金属叶梢提供稳健的导电体以承受多次雷击,但是在一些情况下雷电可能仍击中叶梢的叶片内侧,从而潜在地使叶片受损。

[0005] W02013/007267中描述了另一中避雷装置,其提出:将风轮机叶片划分成多个不同的地带,每个地带设置有不同的保护措施,根据叶片地带内预计的雷击影响选择保护措施。在此,诸如叶梢之类的高风险雷击地带可由诸如实心金属叶梢之类的稳健保护措施保护,而低风险雷击地带中的保护措施可潜在性地被完全移除。

[0006] 以此为背景设计出本发明。

发明内容

[0007] 在第一方面中,本发明提供一种用于风轮机叶片的叶梢组件,该叶梢组件包括导电的叶梢模块以及联接器,该联接器从所述叶梢模块延伸以将所述叶梢模块附接至引下线,其中绝缘构件包绕所述联接器。

[0008] 当安装在风轮机叶片中时,所述叶梢组件可连接至下引系统,使得来自雷击的电能被引导成离开梢端到达安装在所述风轮机的塔架中的雷电应对系统。在风轮机的公知的导电叶梢中,据观测,雷电可以被吸引到下引系统以及叶梢的仅叶片内侧中的其他金属部件,这可能导致叶片受损。因此,有利的是,本发明的叶梢组件集成有接收器装置,该接收器

装置与叶梢模块间隔开,要与叶梢模块间隔开,使得这样的叶梢组件用以“拦截”雷击,当叶片水平取向时可能发生雷击不倾向于附着至叶梢的现象。因此,形成叶梢组件的一部分的接收器装置提供“容易的”电接地路径,这防止雷电附着至叶片内部的金属部件。

[0009] 接收器装置可包括导电的接收器基座,例如黄铜,该接收器基座呈板状并且用作一个或多个接收器元件或者螺栓的附接点,接收器元件或者螺栓穿透叶片蒙皮以连接至接收器基座。在一个实施方式中,接收器是横向于(即,翼弦方向)叶梢组件的纵轴线延伸的板。

[0010] 联接器将叶梢模块连接至接收器装置,并且可与叶梢模块一体形成。另选的是,联接器可以是能从叶梢模块拆卸的。尽管联接器可采取多种形式,但是在一个实施方式中该联接器是舌状板,该舌状板从叶梢模块延伸并且被绝缘构件包绕。优选的是,绝缘构件是聚合物块状构件,该块状构件从叶梢模块延伸并包绕联接器及接收器装置。优选的是,绝缘构件被直接模制到联接器上。

[0011] 尽管导电的叶梢模块可以包括包绕在导电层中的芯构件,但是实心金属模块提供具有较高载流电容的舌形单元。原则上可接受的是叶梢模块由任一金属或者金属合金制成,但是目前优选铜。

[0012] 联接器可以包括舌状附接板,该附接板从叶梢模块延伸,并且附接板可与叶梢模块整合在一起或者借助适当的手段诸如一组螺栓之类附接至叶梢模块,在此情况下联接器可被接纳在限定于叶梢模块中的腔中。

[0013] 在一个实施方式中,绝缘构件被直接模制至联接器并且具有与在使用中接纳该绝缘构件的叶片的外部翼弦轮廓类似的外部翼弦轮廓。绝缘构件的相对较大的尺寸确保叶梢组件与叶片之间的牢固连接。

[0014] 在优选的实施方式中,叶梢模块是实心金属,并且绝缘构件还可以将接收器装置包绕在其中。

[0015] 本发明还延及一种用于为风轮机叶片组装叶梢组件的方法,所述方法包括:提供叶梢模块;向所述叶梢模块提供联接器以便将所述叶梢模块电联接至避雷系统的引下线;并且用绝缘构件包绕所述联接器。

[0016] 因此,有利的是,从叶梢模块延伸并且用以连接至下引系统的联接器被包绕在绝缘构件中。绝缘构件可以形成为适当的形状,例如适于结合到风轮机的复合叶片的内部容积中的形状。因此绝缘构件用作安装点。

[0017] 在将联接器包绕在绝缘构件中之前,联接器可在适当接头处附接至引下线。因此,在组装叶片的过程中,叶梢组件可与引下线一起作为一个单元安装,这使得更便于制造。

[0018] 作为另选,接收器基座可布置成使得接收器基座与叶梢模块间隔开,并且在将连接器与接收器基座包绕在绝缘构件中之前将该接收器基座连接在联接器与引下线之间。

[0019] 要理解的是,本发明的第一方面的优选以及/或者可选的特征可以与本发明的其他方面结合,反之亦然。

附图说明

[0020] 为了更充分地理解本发明,现在将参照附图描述本发明的一些实施方式,在附图中:

- [0021] 图1是配备有避雷系统的风轮机叶片的平面图；
- [0022] 图2是图1中的风轮机叶片的一区域的放大图，该图更详细地示出了关于避雷系统的设备；
- [0023] 图3是沿线A-A剖取的图2中的风轮机叶片的剖面；
- [0024] 图4是沿线B-B剖取的图2中的风轮机叶片的剖面；
- [0025] 图5是图1中的风轮机叶片的前缘沿线C-C的剖面图；
- [0026] 图6是类似图2中的区域的叶片区域的视图，但是该图示出了避雷子系统的另选实施方式；以及
- [0027] 图7是另选的叶梢组件的立体图。

具体实施方式

[0028] 参照图1，风轮机叶片2结合有避雷系统3。叶片2由具有两个半壳的叶片壳4形成。半壳通常由玻璃纤维加强塑料（称为“GFRP”或者简称为“GRP”）模制而成，该玻璃纤维加强塑料包括嵌入固化的树脂基体中的玻璃纤维织物。叶片壳4的精确构造不是本发明的核心，因而为了清楚起见省略更详细的描述。

[0029] 叶片包括根端6、梢端8、前缘10以及后缘12，叶片2可在根端6处附接至风轮机的转子轮毂。叶片2的第一表面14限定空气动力学轮廓表面，该表面在前缘10与后缘12之间延伸。叶片2还包括也在前缘10与后缘12之间延伸的第二表面，该第二表面未在图1的平面图中示出，但在例如图3与图4中标示成附图标记16。

[0030] 当叶片2附接至风轮机的转子轮毂时，气流撞击叶片2的表面16，因此表面16在本领域中也被称为“压力侧”或者“迎风侧”。相反，表面14也被称为“吸力侧”或者“背风侧”。

[0031] 转至避雷系统3，此避雷系统以“分区”概念为基础，其中，依据区域中受到雷击的可能性以及雷击的严重性，叶片2沿纵向或者“翼展”方向划分成区域或者“地带”。W02013/007267中描述了类似的原理。

[0032] 在此实施方式中，为了避雷的目的，叶片2被分成三个地带，在图1中这些地带被示成地带A、B以及C。基于诸如峰值电流幅值、特定能量、脉冲波形以及每个地带中期望叶片2承受的总电荷之类的一组雷击参数选择每个地带中使用的避雷设备。现在借助实施例简要说明不同的地带。

[0033] 地带A沿翼展方向从叶片的根端6延伸至叶片长度的约60%。在此地带中，叶片2受雷击的风险小，因而将被认为受雷击的发生率低并且电流幅值低，这对叶片结构性影响而言是可接受的。在此实施方式中，叶片2在此地带中没配备任何外部避雷装置。

[0034] 地带B沿翼展方向从地带A的端部延伸至叶片长度的约90%。在此地带中，叶片2受雷击的风险适中，并被认为承受适度频率的直接雷击附着，这些雷击附着具有增大的脉冲电流、峰值电流以及总电荷转移。因此，叶片2设置有呈表面保护层形式的第一避雷子系统20。

[0035] 最后，地带C从地带B的端部延伸至叶片2的梢端8。在此地带中，叶片2受雷击的可能性高，并被认为承受超过200kA的峰值电流幅值以及超过300库伦的总电荷转移，而且受雷击的发生率高。为向叶片提供所需水平的保护，地带C包括另外两个避雷子系统。第一，设置一系列接收器（下文的“接收器阵列”）22；第二，设置叶梢组件24。接收器阵列22与叶梢组

件24两者都电连接至下引系统26,该下引系统包括沿叶片2的长度从梢端8延伸至根端6的第一引下线28与第二引下线30,第一引下线28与第二引下线30分别大体邻近叶片2的前缘10与后缘12布置。稍后将描述接收器阵列22、叶梢组件24以及下引系统26的细节。

[0036] 如已经提及的,地带B包括表面保护层20,该表面保护层是形成在叶片2的上半壳与下半壳两者的表面上或者结合到叶片2的上半壳与下半壳两者中的导电层。导电层20可以是金属箔或者金属网,但优选是展开的金属箔,该金属箔用以在叶片的大范围上招引雷击并且该金属箔以将要描述的方式连接至下引系统26。导电层20的厚度不得影响叶片2的空气动力学轮廓,因而导电层的厚度优选在1mm到5mm之间。表面保护层20的精确结构不是本发明的核心,因而本文将不更详细地描述此表面保护层。

[0037] 现在将参照图2至图7更详细地描述叶梢组件24与接收器阵列22。图2示出了地带C中叶片2的放大部分,从而更详细地示出了叶梢组件24与接收器阵列22。叶片2在本文被示成使叶梢组件24附接至此。然而,应理解,叶梢组件24可在制造过程中作为单元安装到叶片2中。

[0038] 叶梢组件24包括导电的叶梢模块32以及绝缘构件,在此实施方式中,该绝缘构件是联接至叶梢模块32的不导电的插入构件34。叶梢模块32优选由实心金属形成以便在叶片2的最梢端提供极耐用的接闪器,叶梢模块32能够承受大量的直接雷电附着而不受损坏并且无需频繁维修以及/或者检查。叶梢模块32优选是实心铜或者诸如青铜之类的铜合金,并且铸造成为叶片2(尤其是前缘与后缘的对雷击附着特别具有吸引力的高曲率区域)提供空气动力学梢端轮廓的形状。以实心金属形成叶梢模块32获得了高熔点而高熔点是避免在雷击过程中受损的主要因素,还提供了到下引系统的良好导电性。要理解的是,除了铜以外的金属及合金也是适宜的。

[0039] 优选的是,叶梢模块32足够长以包绕叶片的前缘10与后缘12的高曲率区域,尽管由于实心金属叶梢相对高的质量,通常意图在不降低将雷电吸引至叶梢的能力的情况下将叶梢设计成尽可能小。因此,一般来说,叶梢模块32的长度小于叶片总长度的1%,更优选的是,在叶片总长度的0.5%以下。举例来说,对于长度为60m的叶片而言,叶梢的长度可以约为10cm。

[0040] 叶梢模块32借助本文所示的作为附接板的联接构件或者“联接器”36附接至插入构件34。板36具有矩形形状,并且借助位于其一端的螺栓35固定至设置在叶梢模块32的附接面38处的对应成形的腔37。板36是导电的,并且优选是诸如不锈钢之类的实心金属,但是其他金属(例如铜)或者金属合金也是可以的。

[0041] 板36提供这样一种机构,插入构件34可借助该机构附接至叶梢模块32。在此实施方式中,插入构件34绕板36注射成型,在成型过程开始之前,附接或者不附接叶梢模块32的情况下将板36放置在模具中。

[0042] 模制成的插入构件34提供这样的实心基座,在制造过程中,叶梢组件24可借助该实心基座结合到叶片2中。例如,在铺叠叶片的过程中,适当的叶片蒙皮以及其他诸如玻璃纤维层或者预浸坯料之类的结构部件可布置在截头叶片模具中,该叶片模具不具有形成限定叶梢的模具表面。然后,可相对于所述模具布置叶梢组件24,使得插入构件34邻近预备的叶片蒙皮部件放置并且叶梢模块抵接所述模具的截头端定位。然后,按照传统的方式,插入构件34可在树脂浸注过程中结合到叶片2中,使得固化后,叶梢组件24形成叶片2的一体

部分,插入构件34提供结合面以将整个组件保持在叶片壳中。

[0043] 在此实施方式中,插入构件34是聚合物,并且优选的是,该材料具有高介电强度(例如超过25kV/mm),以约10mm的最小厚度包围内部的金属部件。聚氨酯会是合适的材料。

[0044] 如能根据图2理解到的,插入构件34相对较宽,并且宽度大于叶片2的对应截面的宽度的50%。插入构件34的轮廓通常对应叶片2的空气动力学轮廓。

[0045] 板36可移除地附接至叶梢模块32,因而在叶片2的寿命期间允许移除或者更换叶梢模块32。然而,板36可另选在铸造过程中形成叶梢模块32的一体部分。

[0046] 为了将来自叶梢模块32上的雷击的能量引导至叶片根端6,叶梢组件24连接至下引系统26。在一个实施方式中,如图7中所示,下引系统26的单根抑制电晕的导线借助诸如放热式焊接之类的合适的连接方法直接连接至板36。因此在板36与下引系统26之间提供稳健的导电联接。在这样的布置中,优选但非必要的是,缆线在插入构件34模制在板36上之前焊接至板36,在此情况下,缆线为了叶片制造工艺之目的与叶梢组件24形成单元。

[0047] 然而,在所示的实施方式中,下引系统26以不同方式连接至叶梢组件24。如图2中所示,叶梢组件24还包括接收器装置40,在此实施方式中该接收器装置呈细长的块状接收器基座42的形式,该接收器基座由导电材料(优选诸如黄铜之类的金属材料)形成。接收器基座42横向于(即,沿翼弦方向)叶梢组件24的纵轴线延伸并在插入构件34的远端处(沿翼展方向)与叶梢模块32隔开。

[0048] 接收器基座42借助导电链43电链接至叶梢模块32,在此实施方式中此导电链是包在抑制电晕的材料中的缆线以便抑制由缆线43引发的流光及电晕。与图7的实施方式相反,在此实施方式中下引系统26的第一引下线28与第二引下线30直接连接至接收器基座42。如前所述,引下线28、30优选在形成插入构件34之前焊接至接收器基座42以将这些部件封装在该插入构件中,使得插入构件34封装板36以及至少部分接收器装置。因此,要理解的是板36、缆线43以及接收器基座42使金属梢端与下引系统26电联接。应注意,原则上,梢端与下引系统之间的联接器可由任一数量的电气部件形成。

[0049] 接收器基座42形成用于一组接收器元件44的接收点,接收器元件44穿透叶片2的壳并且联接至接收器基座42。如图3中最佳示出的,接收器元件44呈螺栓的形式,该螺栓具有:杆部44a,此杆部延伸到叶片2中并且被形成在接收器基座42中相应的插口42a接纳;以及头部44b,此头部埋头到壳中使得头部44b的上表面与叶片2的周围表面齐平以便不影响叶片的空气动力学。

[0050] 为了避免雷击过程中螺栓头部44b与附近的叶片蒙皮的任一内部导电部件之间的潜在“飞弧”,头部44b设置有绝缘的防护挡圈46,该防护挡圈优选由适当的诸如PEEK(聚醚醚酮)之类的工程塑料形成。此外,防护挡圈在雷击接收器元件的过程中提供对叶片蒙皮的附带热损害的防护。

[0051] 绝缘构件34夹在背风表面14的内部与迎风表面16的内部之间。粘合剂(未示出)位于绝缘构件34与背风表面14和迎风表面16的内部之间以将绝缘构件粘合到叶片的内部。绝缘构件34基本填满叶片的梢端处背风表面14与迎风表面16之间的中空容积。绝缘构件34沿翼弦方向从叶片的前缘朝叶片的后缘延伸,并且沿翼展方向从导电的叶梢8朝叶片的根部延伸。在此实施例,绝缘构件34是包住联接器36与接收器基座42的单体块。“单体块”的使用是指:接收器基座42与联接器36能以单个模块提供,此单个模块使得能够容易地安装到

叶片中。

[0052] 接收器元件44可在其与叶梢组件24一起制造就位后安装在叶片2上。完成叶片2后,在叶片2的壳中创建适当的孔隙并在接收器基座42中创建适当的锥形孔以便将接收器元件44固定就位。为了防止接收器元件44松动,可设置适当的锁定装置(未示出),该锁定装置可采取塑料球或者补片的形式,塑料球或者补片接纳在与接收器基座42接合的杆部44a的下部中。

[0053] 在此实施方式中,设置两个接收器元件44,两者均位于叶片2的背风表面14上。然而,要理解的是,如果期望的话也可以在叶片2的背风侧上设置更多的接收器元件。

[0054] 根据以上论述,要明白的是,叶梢组件24为雷电附着提供两个接收器点:第一是金属的叶梢模块32;第二是接收器装置40。此有益之处在于,雷击将被吸引至接收器元件44而不附着于下引系统26或者系统的其他内部金属部件。作为进一步的说明,在高电场环境条件恰好领先于雷击期间,叶片2的梢端处的增大的电场会诱发大气的电离并且电荷从叶梢模块32转移,从而在特定状况下导致“空间电荷”围绕梢端8。此空间电荷的存在会在特定环境下变更叶梢周围的电场,因而使返回的雷击转离导电的叶梢模块32,使得雷电附着于叶片内的导电部件,例如下引系统26的部件。叶梢组件24的接收器装置40提供策划的、邻近梢端的流光发射点,并且此流光发射点可用以“拦截”雷击,雷击恰当地附着于接收器元件44和接收器基座42而不附着于叶片2的其他屏蔽弱的部件。这在很大程度上从多种叶片角度减小了叶片受损害的风险。

[0055] 现在转至梢端接收器阵列22。如上文提及的,叶梢组件24连接至包括第一引下线28与第二引下线30的下引系统26,引下线28、30沿叶片2的翼展长度延伸至叶片的根端6。下引系统26还连接至叶片2的梢端接收器阵列22,这将更详细地描述。

[0056] 如图2中所示,梢端接收器阵列22包括多个接收器部件50,这些接收器部件邻近前缘10与后缘12分布在叶片2的背风表面14上。在此实施方式中,设置八个接收器部件50,并且每个接收器部件50均联接至设置在叶片的背风表面14上的第一接收器元件52以及设置在叶片的迎风表面16上的第二接收器元件54。应注意的是,图2中未示出迎风接收器元件54,但在图4中示出了该元件。

[0057] 现在参照图4,该图更详细地示出了接收器部件50以及接收器元件52、54的结构,每个接收器部件50均包括块状接收器基座56以及封装接收器基座56的绝缘构件58。

[0058] 接收器基座56是导电的,并且优选是黄铜。绝缘构件58被直接模制至接收器基座56并用以在高电荷环境条件下抑制自接收器基座56的引线的启用,从而防止雷击直接作用到接收器基座56上而不是接收器元件52、54上。每个接收器基座56均包括相应的凹口60,引下线28、30穿过这些凹口以将接收器基座56连接到下引系统26中。因此,接收器基座56的封装部还封装下引系统26与接收器基座56之间的接头。绝缘构件58由合适的具有高介电强度的聚合物形成,并且构想该绝缘构件将会是聚氨酯,但是其他绝缘材料也是可接受的。

[0059] 绝缘构件58夹在背风表面14的内部与迎风表面16的内部之间。粘合剂(未示出)位于绝缘构件58与背风表面14和迎风表面16的内部之间以将绝缘构件粘合到叶片的内部。应理解的是,图4示出了穿过绝缘构件58的截面并且接收器基座56完全被绝缘构件58封装。绝缘构件58沿翼展方向的宽度可以约为15cm。

[0060] 尽管图4中未示出,但是接收器部件50也可以借助间隔元件安装在位于叶片2的内

部中的适当位置中,这些间隔元件隔开各个接收器部件50并将其保持在相对于叶片壳的预定位置中。

[0061] 如所提及的,每个接收器基座56均连接至两个接收器元件:叶片2的背面表面14和迎风表面16的每一者上各一个。此布置减少了所需的接收器基座的数量,这减少了成本以及整个叶片的重量。此外,在叶片组装过程中,接收器基座仅需要安装在其中一个叶片半壳中,这加速了制造时间并且简化了制造过程。接收器部件50借助诸如环氧粘合剂之类的粘合剂附接至叶片半壳。

[0062] 每个接收器元件52、54呈具有杆部61与头部62的螺栓的形式。杆部61延伸到叶片2中,接合到接收器基座56中的插口64中。头部62抵靠叶片壳放置并且埋头到叶片壳中,使得头部62的上表面与叶片2的周围表面齐平。与设置在叶梢组件24上的接收器元件44相似,梢端接收器阵列22的接收器元件52、54也设置有聚合物挡圈66以防止雷击过程中的表面飞弧。此外,防护挡圈在雷击接收器的过程中提供对叶片蒙皮的附带热损害的防护。

[0063] 因为接收器部件50安装在叶片2的具有相对较浅深度的区域中,接收器元件52、54优选沿叶片的翼展方向相互偏置或者“交错”的结合至接收器基座56(如图4中所示)。这避免了对置的接收器元件52、54的杆部61在安装时彼此接触。

[0064] 在图4的实施方式中,接收器部件50包括连接至设置在叶片2的背风表面14和迎风表面16上的两个接收器元件52、54的单件式接收器基座56。构想了接收器部件的不同构造,现在将参照图5描述这样的实施例。

[0065] 图5是沿线C-C穿过图1中的叶片2的截面,因此该图示出了如上所述的表面保护层20的截面。

[0066] 如已经论述的,表面保护层20包括导电筛,该导电筛提供了相当大的表面积以捕获雷击,能量可被从该导电筛安全引导到下引系统26中而不损害叶片2的不导电的复合结构。注意,表面保护层20设置在叶片2的背风表面14与迎风表面16两者上。

[0067] 为了将表面保护层20连接至下引系统26,设置了一组接收器部件70。总共有四个接收器部件,表面保护层20的每个角落处各一个,但是图5中仅示出了接收器部件70中的一者。

[0068] 在图5中,接收器部件70邻近叶片2的前缘10定位。接收器部件70成形成更有效地填充叶片2的此区域的相对深的轮廓中(与梢端接收器阵列22的区域中的相对浅的轮廓相比)的容积。

[0069] 接收器部件70包括第一接收器基座72与第二接收器基座74,这些接收器基座被大体呈环形的绝缘构件76封装。更具体地说,在此实施方式中绝缘构件76呈C形形状,此形状由从轭部76c的每个端部延伸的第一臂部76a与第二臂部76b限定。接收器基座72、74中的每一者都由臂部76a、76b中相应的一者封装,接收器基座72、74以此方式抵靠叶片2的相应背风表面14和迎风表面16定位在预定位置中。

[0070] 第一接收器元件80使位于迎风表面16上的表面保护层20电联接至第一接收器基座72。以与上文所论述的实施方式的相似方式,接收器元件80呈螺栓的形式,该螺栓具有杆部80a与头部80b:杆部80a延伸穿过叶片2并与第一接收器基座72接合;头部80b布置成与表面保护层20的周围表面齐平。提供相同的布置以将位于背风表面14上的表面保护层20联接至第二接收器基座74。

[0071] 导电链82被设置成使第一接收器基座72电连接至第二接收器基座74,在此实施方式中,导电链82是镀锌铜编线。尽管编线不是必要的,但是从制造角度来看编线是有用的,因为编线是柔韧性的从而在封装之前能适当成形成在第一接收器基座72与第二接收器基座74之间延伸。

[0072] 绝缘构件76夹在背风表面14的内部与迎风表面16的内部之间。粘合剂(未示出)位于绝缘构件76与背风表面14和迎风表面16的内部之间以将绝缘构件粘合到叶片的内部。应理解的是,图5示出了穿过绝缘构件76的截面并且第一接收器基座72、第二接收器基座74以及导电链82完全被绝缘构件76封装。绝缘构件76沿翼展方向的宽度可以约为15cm。

[0073] 通过将第一接收器基座72焊接至相应的引下线而使第一接收器基座72连接至下引系统26,如所示,所述相应的引下线是靠近叶片2的前缘10的第一引下线28。为了有效组装,在绕这些部件铸造绝缘构件76之前,导电链82与引下线28可以相对于第一接收器基座72和第二接收器基座74以预定样式布置并且通过放热式焊接连接到那以确保连接的电气完整性。以此方式,接收器部件70可与下引系统26一起作为一个单元安装。焊接是用于连接电气部件的一种选择,但是其他诸如机械夹紧之类的适当技术是可接受的。

[0074] 在此实施方式的一种变型例中,构想包括第一引下线28和第二引下线30的下引系统26可以与和梢端接收器阵列22关联的接收器部件50以及和表面保护层20关联的接收器部件70一起作为一个单元是绝缘的。图6示出了此构想,并且可以看到,第一引下线28和第二引下线30以及与梢端接收器阵列22关联的接收器部件50被形成单元式绝缘壳体的细长绝缘元件90封装。绝缘元件90可以代替接收器基座56的绝缘元件58,但是目前构想绝缘元件90是除封装的接收器基座56之外的进一步绝缘措施并且也是引下线28、30的电晕减少屏障。因此,在此实施方式中,叶片2内的整个电气系统能在安装之前被充分封装,并且能在叶片铺叠阶段作为像导线外的绝缘套管一样的单个单元安装到叶片半壳中。下引系统26在电绝缘聚合体中的封装通过增大系统的介电击穿强度而减少雷击直接附着至引下线28、30的可能性。

[0075] 第一引下线28和第二引下线30本身是抑制高电压电晕缆线型的绝缘缆线,这些绝缘缆线借助交联聚合物或者硅胶绝缘。然后这些绝缘缆线被封装到细长绝缘元件90中。

[0076] 绝缘元件90可以由聚氨酯形成。在具体实施方式中,聚氨酯的硬度可以沿叶片的长度变化,使得下引系统26在叶片的若干部分中比在其他部分中更具柔性。例如,期望绝缘元件90在叶片的梢端区域中是柔性的,而朝向叶片根部绝缘元件90可以更硬些,其中叶片的梢端区域是叶片在风载作用下偏转最大的区域。

[0077] 技术人员要理解的是,可以在不脱离本发明理念的情况下对所阐明的实施方式做出变更。上文已经描述了关于所阐明的实施方式的若干变型例。现在将描述其他变型例。

[0078] 在具有所谓“结构壳”构造的风轮机叶片的背景下描述了本发明,其中纵向碳肋或者拉挤成型件在铺叠阶段整合到上下半壳中。然而,本发明也可以应用至根据诸如结构翼梁构造之类的不同设计宗旨构建的叶片。

[0079] 叶梢组件24被描述成了包括实心金属的叶梢模块32。尽管这出于导电性及抗叶片雷击能力的原因是优选的,但是叶梢组件24也可以由具有导电外层的不导电芯形成,不过稳健性会受到不利影响。

[0080] 在上述绝缘布置中,插入构件34被描述成了单个零件。然而,应理解,插入构件也

可以由多个零件制造而成。

[0081] 在上述实施方式中,描述成出于雷电防护的目的,叶片被分成A、B以及C三个地带。要理解的是,这仅是针对雷电防护如何构造叶片的一个实施例,并不意图进行限制。例如,叶片可以构造成省略A地带。因此,实际上沿叶片的全长保护叶片,而不是留下相对地不能免受雷击的地带。

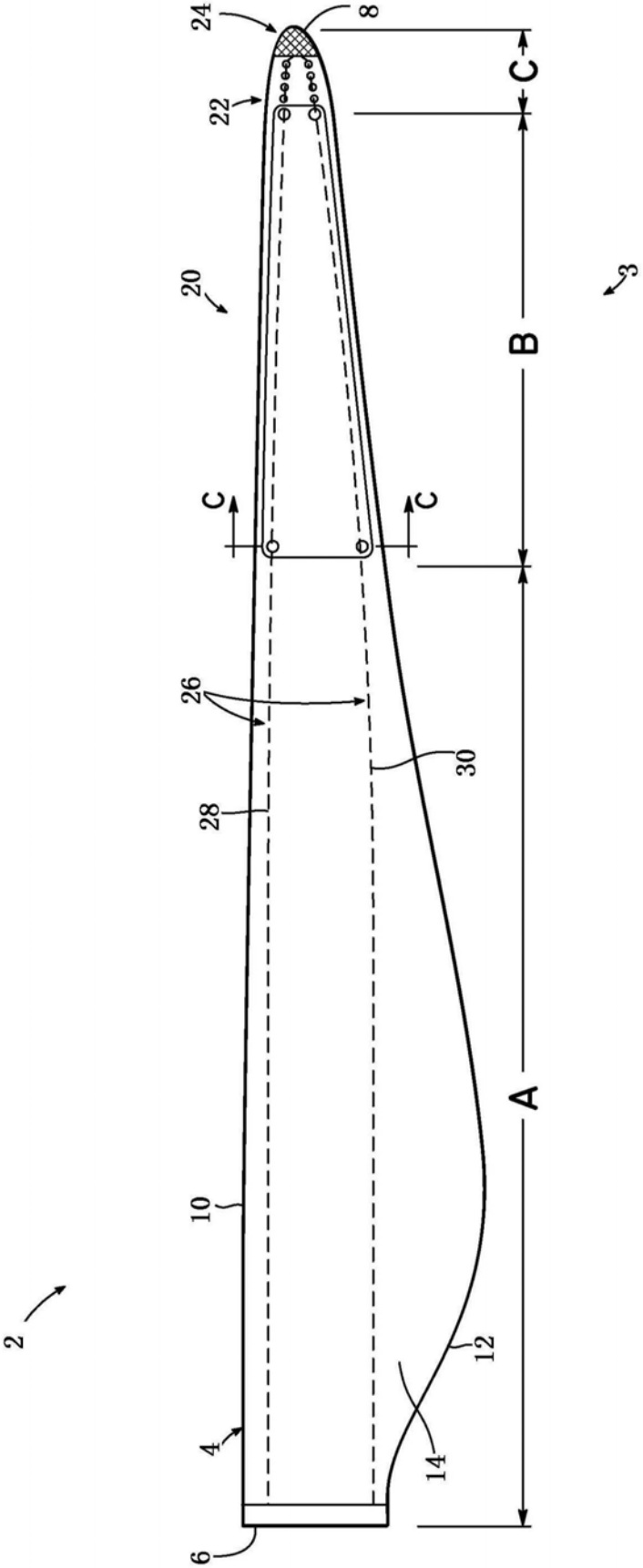


图1

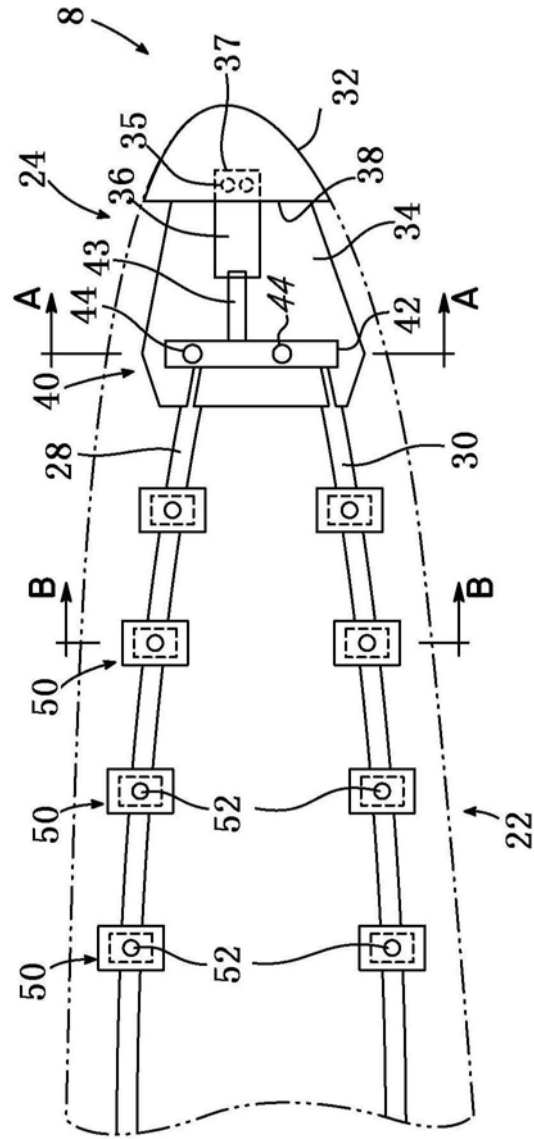


图2

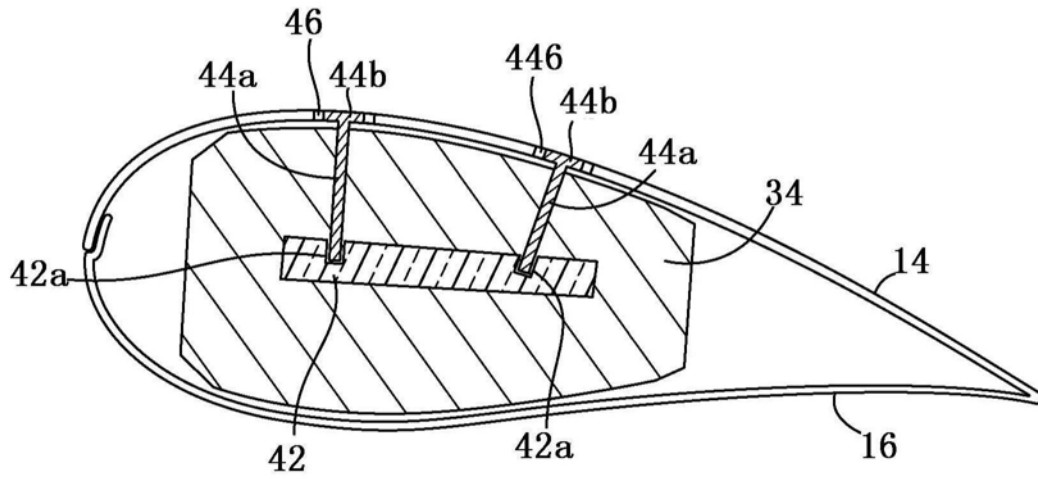


图3

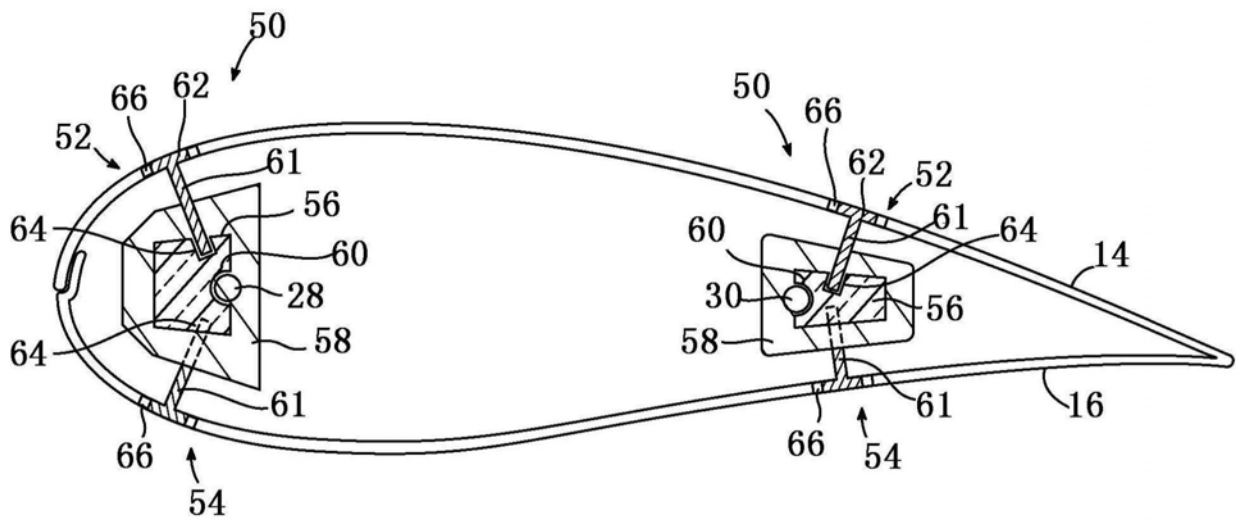


图4

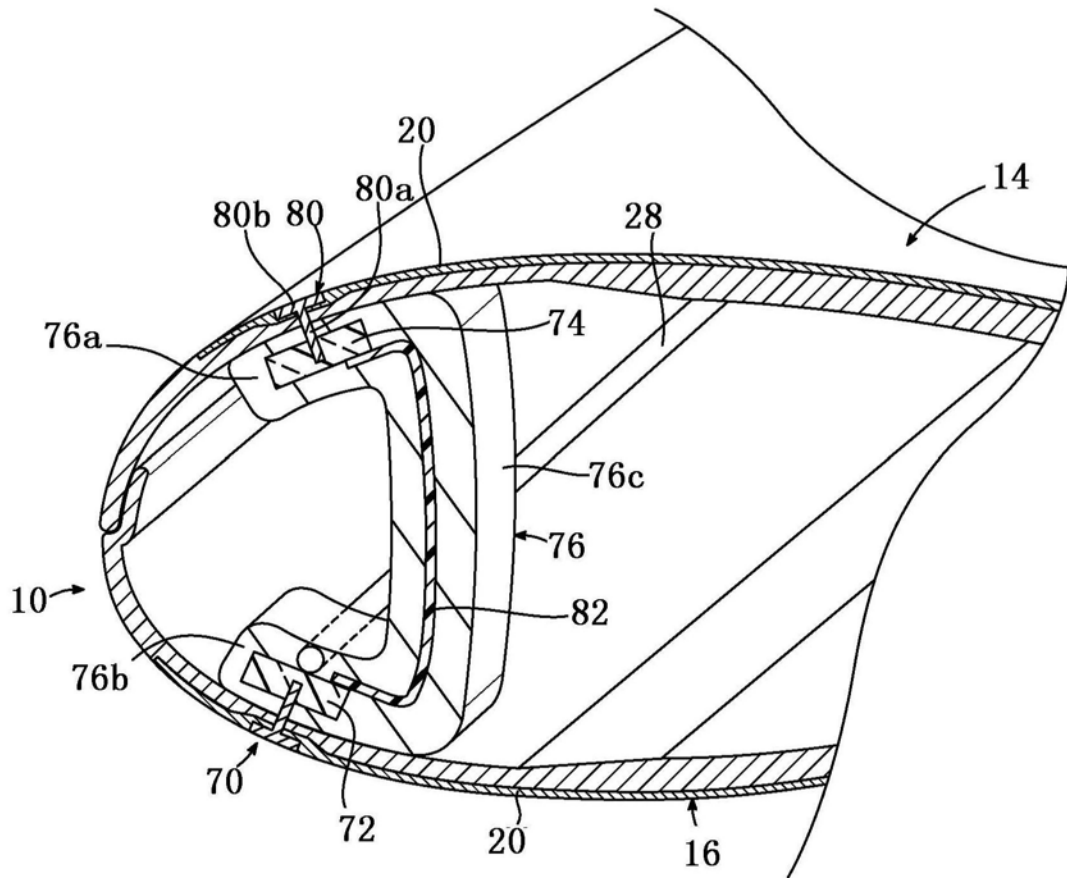


图5

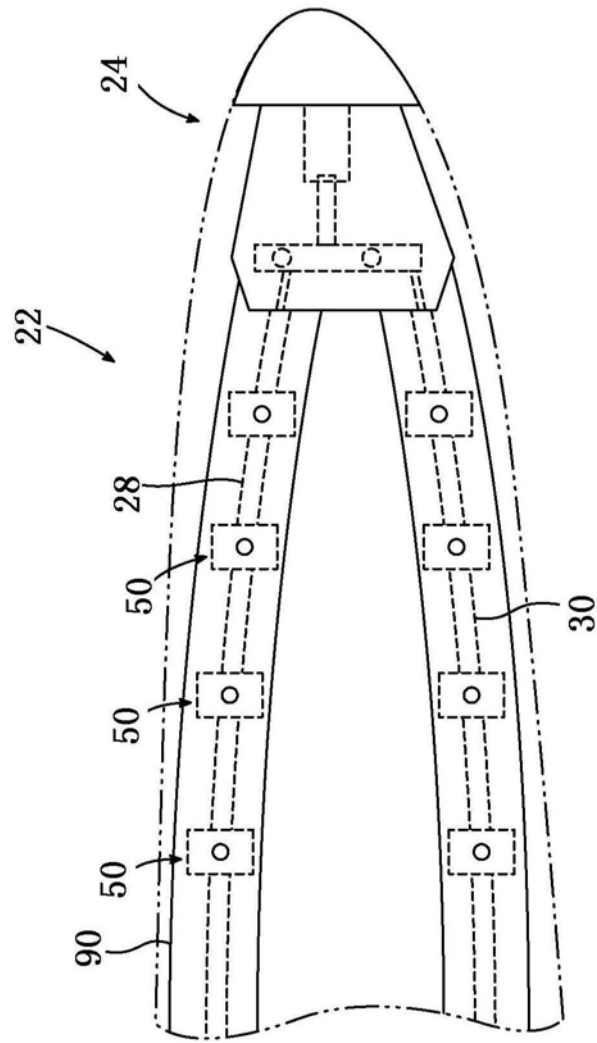


图6

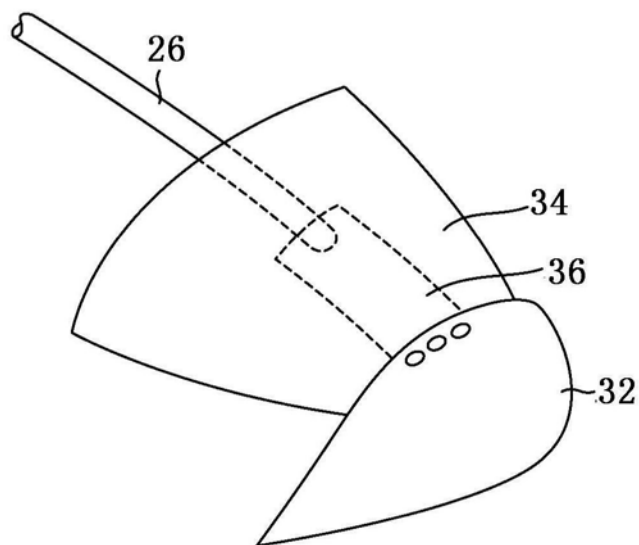


图7