



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105275740 A

(43) 申请公布日 2016.01.27

(21) 申请号 201510410176.9

(22) 申请日 2015.07.13

(30) 优先权数据

PA201470449 2014. 07. 16 DK

(71) 申请人 远景能源(江苏)有限公司

地址 214443 江苏省无锡市江阴市申港街道
申庄路 3 号

(72)发明人 彼得·葛利普

(74) 专利代理机构 广州新诺专利商标事务所有
限公司 44100

代理人 李德魁

(51) Int. Cl.

F03D 1/06(2006.01)

F15C 1/16(2006.01)

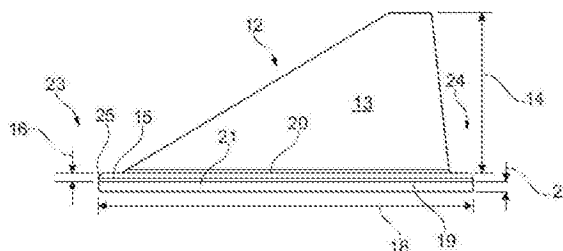
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

用于风力涡轮机叶片的涡流发生器单元

(57) 摘要

本发明涉及一种风力涡轮机叶片的涡流发生器单元,以及一种安装该单元的方法,其中风力涡轮机叶片包括至少一系列涡流发生器单元,该涡流发生器单元包括翅片,该翅片大致垂直于所述翼型表面并且以大致从风力涡轮机叶片的前缘朝向后缘的方向伸出。翅片具有高度、宽度和厚度,涡流发生器单元各自包括连接至所述底部外侧的翅片,所述翅片从前缘侧向后缘侧逐渐变细,从而呈三角形,各个所述涡流发生器单元包括所述底部内侧的粘合剂层,所述粘合剂层延伸至底部最外端的边缘。涡流发生器单元仅具有一片翅片,底部具有翼型边缘,该边缘具有圆滑的前缘,以及后缘。



1. 一种用于风力涡轮机叶片的涡流发生器单元,其中所述风力涡轮机叶片至少包括根端、末梢尖端、压力侧和吸力侧,所述压力侧和所述吸力侧与前缘和后缘构成空气动力学外形,下文称之为翼型,所述风力涡轮机叶片包括至少一系列涡流发生器单元,所述涡流发生器单元包括翅片,所述翅片大致垂直于所述翼型表面并且以大致从风力涡轮机叶片的前缘朝向后缘的方向伸出,其中所述翅片的高度为从具有一定宽度和厚度的底部垂直测量至所述翅片的自由端所得,所述涡流发生器单元各自包括连接至所述底部外侧的翅片,所述翅片从前缘侧向后缘侧逐渐变细,从而呈三角形,各个所述涡流发生器单元还包括在所述底部内侧上的粘合剂层,所述粘合剂层分布于底面上,并延伸至所述涡流发生器单元底部最外端的边缘,其中所述涡流发生器单元仅包括一片翅片,并且位于底面上的所述涡流发生器单元底部具有翼型边缘,其包括圆滑的前缘,以及后缘,其特征在于,前缘处的底部具有底面宽度, $W_{前缘}$, 后缘处的底部具有底面宽度, $W_{后缘}$, 其中 $W_{前缘}$ 小于 $W_{后缘}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片涡流发生器单元,其特征在于,所述底部沿其周长具有圆滑的外缘。

3. 根据权利要求 1-2 中任一项所述的风力涡轮机叶片涡流发生器单元,其特征在于,所述底部沿其周长在厚度方向上具有圆边 / 倒角边。

4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的风力涡轮机叶片涡流发生器单元,其特征在于,所述底部的内侧包括底部本身与粘合剂之间的表面处理,其中所述表面处理为下列的至少其中一种:底漆层、等离子体处理、电晕放电处理、粗磨处理,并且粘合剂为下列各项的其中一种:粘块、或双面粘垫 / 带。

5. 一种在风力涡轮机叶片上安装一系列如权利要求 1-4 任一项所述的涡流发生器单元的方法,其特征在于,至少一系列涡流发生器单元安装在相对风力涡轮机叶片的后缘以及尖端的位置。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述一系列涡流发生器单元仅包括一个涡流发生器单元,所述涡流发生器单元仅包括一片翅片。

7. 根据权利要求 5-6 任一项所述的方法,其特征在于,至少一个所述涡流发生器单元可安装有翅片,所述翅片安装在所述风力涡轮机叶片的特定位置上,并与所述风力涡轮机叶片的弦的方向成锐角。

8. 根据权利要求 6-8 任一项所述的方法,其特征在于,至少一个所述涡流发生器设置在安装工具中,例如固定器,其中所述安装工具包括用于将所述安装工具对准下列各项的至少其中一个的装置:风力涡轮机叶片上的标记,或风力涡轮机叶片的物理部件,例如后缘,所述安装工具还包括在安装所述至少一个涡流发生器单元时,用于将至少一个涡流发生器单元保持于特定位置的装置。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,所述安装工具包括至少 2 个,优选为 5、10、20、30、40 或更多个夹持涡流发生器单元的装置,

- 所述涡流发生器单元以特定模式设置于所述装置中,例如弹性材料的孔中,
- 在每个所述涡流发生器底部准备 / 涂覆粘合装置,
- 操作所述安装工具,由此使得涡流发生器单元底部的粘合剂与风力涡轮机叶片表面的特定位置接触,
- 移除所述安装工具。

10. 一种风力涡轮机叶片,其特征在于,所述风力涡轮机叶片包括如权利要求 1-4 任一项所述的涡流发生器单元。

11. 根据权利要求 10 所述的风力涡轮机叶片,其特征在于,所述风力涡轮机叶片包括根据权利要求 5-9 任一项所述的方法来安装的一系列涡流发生器单元。

用于风力涡轮机叶片的涡流发生器单元

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于风力涡轮机叶片的涡流发生器单元,其中所述风力涡轮机叶片至少包括根端、末梢尖端、压力侧和吸力侧,所述压力侧和所述吸力侧与前缘和后缘构成空气动力学外形,下文称之为翼型,所述风力涡轮机叶片包括至少一系列涡流发生器单元,其包括翅片,该翅片大致垂直于所述翼型表面并且以大致从风力涡轮机叶片的前缘朝向后缘的方向伸出,其中所述翅片的高度为从具有一定宽度和厚度的底部垂直测量至自由端所得,这些涡流发生器单元各自包括连接至所述底部外侧的翅片,所述翅片从前缘侧向后缘侧逐渐变细,从而呈三角形,各个所述涡流发生器单元还包括位于所述底部内侧上并分布于底面上的粘合剂层。

[0002] 本发明还涉及在风力涡轮机叶片上安装一系列涡流发生器单元的方法,乃至进一步涉及安装包括这种涡流发生器单元的风力涡轮机叶片的方法。

背景技术

[0003] 更具成本效益的风力涡轮机的发展意味着风力涡轮机的尺寸和高度的作用越来越大。风力涡轮机叶片的尺寸近年来一直在增大,现今仍然如此。设计出高效的叶片变得越来越难,这是因为叶片变得更长更宽,同时也因为叶片必须就风速跨度以及其他将会对特定空气动力学外形的性能有所影响的因素而进行优化。因此,仍有必要根据特定的需求提升风力涡轮机叶片的空气动力学性能。这种需求通常通过理论或基于具体测量值计算得出,而且测量值可单独用作进行改进的输入数据。

[0004] 风力涡轮机叶片通常包括翼型外壳,该翼型外壳通过使用内部强化结构来支撑。风力涡轮机叶片的翼型和内部结构通常设计得尽可能高效,但是在特定目标市场(风力范围和环境要求)内仍然着眼于尽可能低的能耗(COE)。

[0005] 因此,风力涡轮机叶片的翼型设计需要在产能、结构质量与成本、感生载荷、噪音与运输因素之间进行权衡。结果,叶片的效率通常也是一种权衡,因为其制造成本高昂,而且设计并制造每个特定条件下的叶片模具也耗时长久。因此,为了尽可能达到最优化,需要设计叶片、准备模具和制造叶片。

[0006] 为获得更优化的方案,已知可将不同的设备,例如涡流发生器、古奈扰流板、带式后缘扩展器,附接至风力涡轮机叶片,使得上述权衡的不确定性更小,并由此使得特定的叶片设计在特定条件下表现得更好。

[0007] 涡流发生器和古奈扰流板用于优化空气动力学性能,而带式后缘扩展器将会降低叶片产生的噪音。这种带非常柔韧,以至于其不能重新定向掠过叶片的气流的方向,因此其对叶片外形的升力系数没有影响。

[0008] 美国专利申请US 2012/0257977 A1公开了一种包括两片翅片的涡流发生器,其中该涡流发生器的底部包括用于安装粘合垫的凹陷。这明显解决了现有技术方案中必须沿底部周长密封的问题,为了使得粘合垫与风力涡轮机叶片表面相接触,凹陷的深度小于粘合垫的厚度。这明显沿底部周长留下一道窄缝。

[0009] 国际专利 WO 2007/140771 A1 公开了一种具有一个或多个涡流发生器的带, 其中该带的底部宽度与凸起翅片的前缘和后缘相同。这种底部的宽前缘分开了绕涡流发生器边界层的气流, 由此减弱了涡流发生器的效果。

[0010] 发明目的

[0011] 本发明的目的在于提供一种风力涡轮机叶片, 其包括若干涡流发生器单元。本发明的另一目的在于提供一种设置并安装这种涡流发生器单元的方法。本发明的目的还在于提供一种用于风力涡轮机叶片的涡流发生器单元。本发明的再一目的在于提供一种涡流发生器, 其相对于一个或多个涡流发生器单元的位置具有很大的自由度, 并且其中一个或多个涡流发生器单元对其他涡流发生器单元的影响可单独调整。换言之, 本发明的目的在于提供一种方案, 其将会提高特定的风力涡轮机叶片的空气动力学性能, 其中该特定的风力涡轮机叶片的产能具有可提升的空间。

发明内容

[0012] 如上所述, 本发明涉及一种用于风力涡轮机叶片的涡流发生器单元, 其中所述风力涡轮机叶片至少包括根端、末梢尖端、压力侧和吸力侧, 所述压力侧和所述吸力侧与前缘和后缘构成空气动力学外形, 下文称之为翼型, 所述风力涡轮机叶片包括至少一系列涡流发生器单元, 所述涡流发生器单元包括翅片, 该翅片大致垂直于所述翼型表面并且以大致从风力涡轮机叶片的前缘朝向后缘的方向伸出, 其中所述翅片的高度为从具有一定宽度和厚度的底部垂直测量至自由端所得, 这些涡流发生器单元各自包括连接至所述底部外侧的翅片, 所述翅片从前缘侧向后缘侧逐渐变细, 从而呈三角形, 各个所述涡流发生器单元还包括位于所述底部内侧上并分布于底面上的粘合剂层。

[0013] 这种风力涡轮机涡流发生器单元的创新点在于, 所述粘合剂层延伸至所述涡流发生器单元的底部外缘, 其中该涡流发生器单元仅包括一片翅片, 并且在底面上的所述涡流发生器单元底部具有翼型边缘, 其包括圆滑的前缘, 以及后缘。

[0014] 将粘合剂分布于最外端的边缘, 使得可不必如现有技术方案一般, 沿底部周长进行额外的密封, 进一步地, 底部与风力涡轮机叶片表面之间不存在间隙 (甚至没有窄缝)。无论间隙有多么小, 明显地, 随着时间推移, 污物和杂物, 例如沙和昆虫, 将会塞满间隙, 然后会造成涡流发生器松动并最终松脱——也称之为剥离效应。

[0015] 如果风力涡轮机在温度低至零下的地区运行, 任何湿的污物和杂物结冰时会膨胀, 由此涡流发生器单元将会被从风力涡轮机表面抬升, 这会是一个问题。而且位于温暖地带的风力涡轮机也会面临上述问题。风力涡轮机叶片所处的环境非常严酷, 例如, 所采用的涡流发生器是否有变松的趋势是至关重要的, 但是随时间推移, 上述条件会造成涡流发生器变松, 并由于“剥离效应”而松脱。这些缺点可通过在涡流发生器单元底部的最外缘设置粘合剂来避免, 这样任何物体都不能楔入该底部与该表面之间的间隙内。当然, 粘合剂可由抗紫外线材料制成, 另外, 粘合剂可仅具有最小厚度, 以便提供优良且强力的粘合, 由于粘合剂和 / 或涡流发生器单元底部的弹性, 这种粘合还可适用于风力涡轮机叶片的弯曲表面。

[0016] 只包括一片翅片的涡流发生器单元具有 100% 独立的优势, 因为所述一片翅片能够相对于其他涡流发生器单元设置于任意位置, 也可以与其他涡流发生器不相关地设置。

已知的涡流发生器单元通常包括面板,其中一块面板包括若干涡流发生器翅片,并通常是两片翅片成对设置,一块面板包括4对或多对翅片,甚至设置高达10对翅片也是正常的。由于面板成单行设置,通常位于风力涡轮机叶片表面的预制切口/凹陷内,那么使用这种面板就不能以更独立和更适合的方式设置在涡流发生器单元上。由此,涡流发生器的位置可由切口或凹陷、或至少由面板处成对的涡流发生器来确定,而不会依据单个测量值或单独需求来确定。包括例如10对翅片的面板很有可能仅有一对翅片位于最佳位置,然而面板上其余的翅片对仅位于“接近”最佳的位置。使用本发明,所有涡流发生器单元可设置在特选的位置,以便于风力涡轮机叶片产生更多能量。

[0017] 底部的翼型外缘,包括圆滑的前缘,以及后缘,对涡流发生器的空气动力学性能有极大的影响,因为底部的形状将会由于其本身形状,提升沿翼型表面边界层经过的气流。底部的翼型外缘可根据已知的翼型系列,例如国家航空咨询委员会(NACA)、太阳能研究所(SERI)、或其他适用的翼型系列来设计。

[0018] 凭借翼型底部,边界层的气流得到优化,并且凭借分布于最外端的边缘的粘合剂,装置变得“持久”,并且无需密封底部边缘,并且不会存在如美国专利申请US 2012/0257977A1所示的底部下的窄缝。

[0019] 在本发明的风力涡轮机叶片涡流发生器单元的实施例,前缘处的底部具有底面宽度($W_{前缘}$),后缘处的底部具有底面宽度($W_{后缘}$),其中 $W_{前缘}$ 小于 $W_{后缘}$ 。这样,底部在前缘处比在后缘处更窄。底部的前缘处面向风力涡轮机叶片的前缘区域,并且底部的后缘处面向风力涡轮机叶片的后缘区域。底部的两侧可以相似的方式成型,并由此互成“镜像”,但是该形状也可以为,在底部的一侧类似于压力侧,而在底部的另一侧类似于吸力侧。设计取决于对各个涡流发生器单元的特定需求。

[0020] 本发明的风力涡轮机叶片涡流发生器单元可具有圆滑边缘的底部,其中底部圆滑并且其两侧为凸面。然而,底部的后缘可成型为凹形设计,以便影响涡流至少绕涡流发生器单元的底部形成的方式。在某些情况下,这能够进一步影响涡流发生器单元或单元组的整体性能。

[0021] 进一步地,本发明的风力涡轮机叶片涡流发生器单元包括沿其周长且在厚度方向上为圆边/倒角边的底部。这将使得涡流发生器单元的影响更小,因为涡流发生器单元从风力涡轮机叶片表面伸出的厚度更小、更符合空气动力学。

[0022] 通常,本发明的涡流发生器单元有4种不同的主要设计,即:

[0023] - 具有高5毫米的翅片、宽14毫米、长22毫米以及厚0.5毫米的底部;

[0024] - 具有高10毫米的翅片、宽14毫米、长22毫米以及厚0.5毫米的底部;

[0025] - 具有高20毫米的翅片、宽28毫米、长44毫米以及厚1.0毫米的底部;

[0026] - 具有高30毫米的翅片、宽28毫米、长44毫米以及厚1.0毫米的底部。

[0027] 本发明的涡流发生器的这4种标准尺寸涵盖了风力涡轮机叶片的需要,因为涡流发生器翅片的最优化高度沿叶片长度有所变化。例如,在靠近根端处使用较高的翅片而在靠近尖端处使用较矮的翅片是非常普遍的,这当然会依据所针对的风力涡轮机叶片的具体情况而变化。

[0028] 在底部的内侧,通常设置有粘合垫,例如双面粘带,但也可使用粘块,并应用于一个或多个涡流发生器单元的底部。粘合剂的厚度通常为0.4至0.7毫米。

[0029] 上述给出的测量值的公差为 $\pm 1-20\%$ 、 $\pm 1-15\%$ 、 $\pm 1-10\%$ 、 $\pm 1-5\%$ 。然而,需要理解的是,涡流发生器单元不同部件的尺寸可计算或确定为上述范围值之间的数值,但是如上所述,由于生产成本以及物流,上述数值有若干标准的变动数值可供选择,并且为了从涡流发生器单元或单元组中获得最大产能,将会使用最合适的模型。

[0030] 在本发明的风力涡轮机叶片涡流发生器单元的一个实施例中,底部的内侧,在其与粘合剂接触的部分要进行表面处理,其中该表面处理为下列各项中的至少一种:底漆层、等离子体处理、电晕放电处理、研磨处理,并且粘合剂为下列各项中的至少一种:粘块、双面粘垫/带。由此,表面处理可以通过任意适合的方法涂覆于底部内侧的底漆层,例如通过使用刷、辊或喷漆罐,然而表面处理也可以包括一种虚构层,例如电弧处理,以便在底部与所用的粘合剂之间实现更佳的粘合。

[0031] 粘合剂通常是添加到涡流发生器的双面粘带,并且其在表面上具有带基,用于粘合至风力涡轮机叶片的表面,但是也可采用其他类型的粘合剂。

[0032] 本发明还包括一种在风力涡轮机叶片上安装一系列如上所述的涡流发生器单元的方法,其中至少一系列涡流发生器单元安装在相对风力涡轮机叶片的后缘以及尖端的位置。涡流发生器单元可安装在距离后缘一定距离处伸出的线上,也可以安装在距离例如后缘任意距离处。例如,可在风力涡轮机叶片从尖端朝向根端的连线上安装 50 个涡流发生器单元。可在距离后缘或前缘另一距离处的另一连线上安装另外的例如 20 个涡流发生器单元。甚至可在不同位置设置其他的涡流发生器单元组,由此沿风力涡轮机叶片的特定距离上形成阶梯线形的涡流发生器单元。因此,其中一层所述阶梯上可包括仅有一组涡流发生器单元,但是通常包括若干个涡流发生器单元。

[0033] 相对风力涡轮机叶片的后缘和尖端安装涡流发生器单元非常有吸引力,因为后缘和尖端非常容易确定,并且易于从任意位置测起。另外,沿后缘非常容易安置任意工具,来执行任意标记或设置下文将会提及的安装工具。

[0034] 本发明的方法包括,一系列涡流发生器单元仅包括一个涡流发生器单元,该单元仅包括一片翅片。凭借一系列的单个涡流发生器单元,使得能够基于例如测量值、计算结果、仿真结果、经验以非常独特的方式来安装这些单元,以便获得特定位置上的特定风力涡轮机的特定叶片的更好性能。由此,每个的涡流发生器单元的位置是独特且明确的。将该方法与已知的布置涡流发生器方法进行比较,可以明显看出,迄今为止,涡流发生器几乎是随机布置的,通常是为了发现微小的改进。这个问题的主要原因是涡流发生器置于预设的位置,通常这些位置是基于相关人员的经验和“直觉”。通过进行非常精确的测量和计算,当然也基于事实与经验的结合,将会达到相当目标指向型的方案,且在安装所需类型和尺寸的涡流发生器单元时停机时间最短。通过简单地以本发明的最优化数量和模式设置涡流发生器,可以在许多风力涡轮机上实现高达 0.8%、1.2% 设置 1.5% 的改进。这种改进在非常短的时间内——实际上是运行的数天内,是没有成本的,而在产能方面有重大的提升。

[0035] 在本发明的方法中,至少一个涡流发生器单元可在特定位置上安装有翅片,该翅片与风力涡轮机叶片的弦的方向成锐角。该锐角落入相对于弦成 0-30 度的区间内,优选为 0-15 度的区间,更优选为 0-7 度的区间,甚至更优为 0-3 度的区间。每个涡流发生器单元可按相同或不同的锐角设置,它们也可以成对设置并且朝向相同或相反方向。另外,涡流发生器的翅片可相对于底部倾斜,这意味着翅片不垂直于底部,并且翅片的厚度从例如 1.0

毫米逐渐收窄至 0.5 毫米,以便能够楔入通常用于铸造涡流发生器的模具中。

[0036] 本发明的涡流发生器单元通常通过注塑工艺,由具有合适性能的聚合物材料,例如航海级聚合物制成。钢材也相当有效,因为底部和翅片可制造得非常薄且非常高效。当使用电导材料时,必须解决闪电的问题,因为闪电传导部件将会从这些部件中伸出。由此,涡流发生器将会充当闪电接收器,这在风力涡轮机叶片领域中是众所周知的。涡流发生器单元当然可向下连接至导线并实现这个目标。

[0037] 根据本发明的方法,至少一个涡流发生器可设置在安装工具中,例如固定器,其中所述工具包括用于将所述工具对准下列各项的至少其中之一的装置:风力涡轮机叶片上的标记,风力涡轮机叶片的物理部件,例如后缘,所述工具还包括在安装至少一个涡流发生器单元时,用于将至少一个涡流发生器单元固定于特定位置的装置。该工具可包括用于一个或多个涡流发生器单元,例如高达 30 或 40 个涡流发生器的固定装置,其中工具中的所有涡流发生器相对于彼此,并且相对于风力涡轮机叶片物理测量值,一举全部安装。这种测量值优选为距离特定叶片的后缘和尖端的距离,因为后缘和尖端易于确定、易于从此处开始进行测量、且易于再次放置安装工具。这种叶片还可以是已经安装在风力涡轮机的叶片,这意味着需要改装。安装步骤还可以作为风力涡轮机叶片制造期间的最后工序进行。可利用已安装的涡流发生器单元作为下一个涡流发生器单元的固定点来安装涡流发生器单元的某部分。安装工具可具有例如一个或多个自由固定装置,供涡流发生器单元所用,这些装置可置于一个或多个已安装的涡流发生器单元上。这将使得涡流发生器单元能够相对于风力涡轮机叶片的后缘以及其他涡流发生器单元来安装,由此,既然从例如尖端起的连续测量值与其他涡流发生器单元相关,那么很明显,这些测量是没有必要的。

[0038] 本发明的方法,其中需要安装工具,可包括:所述安装工具包括至少 2 个,优选为 5、10、20、30、40 或更多个固定涡流发生器单元的装置,

[0039] - 该涡流发生器单元以特定模式设置于所述装置中,例如弹性材料的孔中,

[0040] - 在每个涡流发生器底部准备 / 涂覆粘合装置,

[0041] - 操作安装工具,由此使得涡流发生器单元底部的粘合剂与风力涡轮机叶片表面的特定位置接触,

[0042] - 移除安装工具。

[0043] 此后,可手动检查每个涡流发生器单元以达到完美粘合,然而安装工具还可包括在各个涡流发生器上施加恰当的压力的装置。这能够通过例如利用吸盘将安装工具固定于风力涡轮机叶片表面,并在工具与叶片之间施加合适的压力来实现,这将使得涡流发生器的底部以及粘合材料紧靠在风力涡轮机叶片的表面上。

[0044] 安装工具可由任何材料制成,其中各个涡流发生器单元可通过机械装置或摩擦力或任意其他合适的方式固定于具体预设的位置。该工具可例如是板状泡沫工具,其中涡流发生器设置在所述泡沫的孔中,直至其置于风力涡轮机叶片表面。粘合之后,将该工具从表面上提起从而移除该工具,粘合剂将会克服涡流发生器翅片之间的摩擦力,将涡流发生器留在安装位置上。

[0045] 本发明还涉及包括一个或多个如上所述的涡流发生器单元的风力涡轮机叶片,并且,本发明还包括风力涡轮机叶片,该叶片包括一系列根据上述方法来安装的涡流发生器单元。

[0046] 将所述本发明与已知方案进行比较,很明显,对于普通技术人员而言,现有技术方案是一种基于少许的经验和“直觉”而作出的“胡乱的猜测”,并且其中很大程度上的折中和巧合非常普遍。

[0047] 将计算和测量提升至更高的水准并以更严肃的态度对待,可以看见非常大的益处,并且由于风力涡轮机的性能将会提高,本发明的涡流发生器单元的安装相当具有吸引力。

附图说明

[0048] 本发明将仅通过示例并参照附图进行描述,其中:

[0049] 图 1 示出了风力涡轮机;

[0050] 图 2 示出了涡流发生器单元的侧视图;

[0051] 图 3 示出了涡流发生器单元的端面图;

[0052] 图 4 示出了涡流发生器单元的俯视图;

[0053] 图 5 示出了包括不处于同一连线上的若干个涡流发生器单元的风力涡轮机叶片;

[0054] 图 6 示出了包括处于同一连线上的若干个涡流发生器单元的风力涡轮机叶片;

[0055] 图 7 示出了升力-攻角(AOA)性能图表;

[0056] 图 8 示出了滑翔比-攻角(AOA)性能图表;

[0057] 图 9 示出了涡流发生器单元的安装工具。

[0058] 在下文中,将逐一描述附图,各个部件和位置在不同附图中将会标以相同的序号。并非特定附图中的所有部件和位置都必须与附图一起进行详细描述。

[0059] 序号列表

[0060] 1. 风力涡轮机

[0061] 2. 塔架

[0062] 3 机舱

[0063] 4. 轮毂

[0064] 5. 风力涡轮机叶片

[0065] 6. 地基

[0066] 7. 地平面

[0067] 8. 转子叶片第一端/根端

[0068] 9. 转子叶片第二端/尖端

[0069] 10. 风力涡轮机叶片前缘

[0070] 11. 风力涡轮机叶片后缘

[0071] 12. 涡流发生器单元

[0072] 13. 翅片

[0073] 14. 翅片高度

[0074] 15. 底部

[0075] 16. 底部厚度

[0076] 17. 底部宽度

[0077] 18. 底部长度

- [0078] 19. 底部内侧
- [0079] 20. 底部外侧
- [0080] 21. 粘合剂
- [0081] 22. 粘合剂厚度
- [0082] 23. 涡流发生器单元前缘
- [0083] 24. 涡流发生器单元后缘
- [0084] 25. 圆边 / 倒角边
- [0085] 26. 圆滑外缘
- [0086] 27. 攻角 (AOA) X 轴
- [0087] 28. 升力 Y 轴
- [0088] 29. 滑翔比 Y 轴
- [0089] 30. 整洁叶片表面的性能曲线
- [0090] 31. 粗糙叶片表面的性能曲线
- [0091] 32. 具有涡流发生器单元的整洁叶片表面的性能曲线
- [0092] 33. 具有涡流发生器单元的粗糙叶片表面的性能曲线
- [0093] 34. 安装工具
- [0094] 35. 对准装置
- [0095] 36. 固定装置
- [0096] 37. 调整装置

具体实施方式

[0097] 图 1 示出了风力涡轮机 1, 其包括风力涡轮机塔架 2 和机舱 3, 其中机舱 3 例如通过偏航系统安装于风力涡轮机塔架 2 顶部。风力涡轮机塔架 2 可包括一个或多个安装与彼此之上的塔节。转子轮毂 4 通过转子轴可转动地安装于机舱 3。三片风力涡轮机叶片 5 安装至转子轮毂 4, 并从所述转子轮毂 4 径向向外伸出, 从而构成旋转平面。风力涡轮机塔架 2 安装于从地平面 7 凸起的地基 6 上。

[0098] 风力涡轮机叶片 5 包括第一端 / 根端 8, 用于安装至转子轮毂 4。风力涡轮机叶片 5 还包括设置于叶片 5 自由端的第二端 / 尖端 9。风力涡轮机叶片 5 沿其长度具有空气动力学外形, 其包括前缘 10 和后缘 11。风力涡轮机叶片 5 可包括若干沿空气动力学外形的长度设置的整合支承结构, 例如翼梁帽和抗剪腹板。

[0099] 图 2 示出了涡流发生器单元 12 的侧视图, 其包括具有翅片高度 14 的翅片 13, 具有底部厚度 16、底部宽度 17 和底部长度 18 的底部 15。底部 15 还包括底部 15 内侧 19 和底部 15 外侧 20。在底部 15 内侧 19 设置有粘合剂 21, 其具有从整个底部 15 凸起的粘合剂厚度 22。底部长度 18 从涡流发生器单元 12 的前缘 23 伸至后缘 24 的区域, 翅片 13 从前缘 23 向后缘 24 的区域逐步收窄, 其中翅片 13 具有全高 14。底部 15 沿其周长在其厚度方向为圆边 / 倒角边 25。

[0100] 在图 3 中, 示出了涡流发生器单元 12 的端面图, 其中清楚地示出了翅片 13 向上逐渐变细。这是由于在生产期间楔入模具中, 也是为了获得最佳的涡流, 因为非常薄的翅片将会提高涡流发生器单元的性能。然而, 在空气动力学外形和结构性能之间需要平衡。

[0101] 图 4 示出了涡流发生器单元 12 的俯视图,其中底部 15 沿其周长具有圆滑的外缘 26。其形状根据已知翼型系列,例如 NACA、SERI 或其他合适的翼型系列设计。在本实施例中,底部在翅片 13 的两侧对称,该形状对应于特定 NACA 外形的吸力侧,当安装并使用涡流发生器单元 12 时,计算认为该 NACA 外形具有最佳空气动力学性能。如图 4 所示,涡流发生器单元 12 的底部 15 在前缘 23 具有厚度 17' (W 前缘) 并在后缘具有宽度 17'' (W 后缘) 其中 W 前缘 17' 小于 W 后缘 17''。

[0102] 图 5 示出了包括不处于同一连线上的若干个涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5。在本示例中,一系列的单个涡流发生器单元在涡流发生器单元 12 的线上呈所示的“阶梯”设置。在更具体的结构中,各个涡流发生器单元 12 可按照单数设置,但是更通常的是各自成对地设置,因此,分布得更广泛的涡流发生器单元 12 覆盖着风力涡轮机叶片 5,来提高风力涡轮机叶片的性能。

[0103] 图 6 示出了包括处于同一连线上的若干个涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5,其中单元 12 相对于风力涡轮机叶片 5 的尖端 9 和后缘 11 来安装。图 5 所示的涡流发生器单元 12 也相对于风力涡轮机叶片 5 的尖端 9 和后缘 11 来设置。

[0104] 图 7 示出了升力 - 攻角 (AOA) 性能图表,其中描述了不同的情况。X 轴 27 示出了攻角 (AOA),Y 轴 28 示出了升力。第一曲线 30 示出了具有整洁 / 平滑表面且没有任何涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。第二曲线 31 示出了具有粗糙 / 肮脏表面且没有任何涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。通过对比这两条曲线 30、31,显然升力表现对粗糙 / 肮脏表面相当敏感,尤其是在攻角逐渐增大的情况下。然而,风力涡轮机叶片表面长时间保持整洁平滑实际上是不可能的,因为污物和昆虫明显会附在叶片表面上,并形成粗糙表层,从而降低风力涡轮机叶片 / 风力涡轮机的产能。因此,通常需要定期清洁风力涡轮机叶片,以提高产能,即使该操作很昂贵。

[0105] 第三曲线 32 示出了具有整洁 / 平滑表面且具有本发明的涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。第三曲线 32 与第一曲线 30 之间的差距纯粹是使用涡流发生器单元 12 的效果。第四曲线 33 示出了具有粗糙 / 肮脏表面且具有本发明的涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。现在,对比第二曲线 31 与第四曲线 33,即风力涡轮机叶片 5 表面粗糙肮脏,而分别不具有以及具有涡流发生器单元 12 之间的差别,可见所产生的升力有非常明显的提升,其结果是风力涡轮机的性能更具吸引力且更高。由此,使用本发明的涡流发生器单元能够“移动”清洁维护风力涡轮机叶片 5 的时间间隔,由此延长所述时间间隔。

[0106] 图 8 示出了滑翔比 - 攻角 (AOA) 性能图表,其中描述了不同的情况。X 轴 27 示出了攻角 (AOA),Y 轴 29 示出了滑翔比。第一曲线 30 示出了具有整洁 / 平滑表面且没有任何涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。第二曲线 31 示出了具有粗糙 / 肮脏表面且没有任何涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。通过对比这两条曲线 30、31,显然滑翔比对粗糙 / 肮脏表面相当敏感,尤其是在攻角逐渐增大的情况下,因为这两条曲线之间具有很大的差距。如上所述,风力涡轮机叶片 5 表面长时间保持整洁平滑实际上是不可能的,因为污物和昆虫明显会附在叶片表面上,并形成粗糙表层,从而降低风力涡轮机叶片 / 风力涡轮机的产能。因此,通常需要定期清洁风力涡轮机叶片,以提高产能,即使该操作很昂贵。

[0107] 第三曲线 32 示出了具有整洁 / 平滑表面且具有本发明的涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。第三曲线 32 与第一曲线 30 之间的差距纯粹是使用涡流发生器单元 12 的效果, 涡流发生器单元 12 实际上从某种程度将会降低滑翔比。第四曲线 33 示出了具有粗糙 / 肮脏表面且具有本发明的涡流发生器单元 12 的风力涡轮机叶片 5 的结果。现在, 对比第二曲线 31 与第四曲线 33, 非常明显地, 当使用涡流发生器单元 12 时, 滑翔比以及风力涡轮机叶片 5 的性能更高。更有趣的是, 可以看到, 第二曲线 31 与第四曲线 33 之间的差距, 即风力涡轮机叶片 5 表面粗糙肮脏, 而分别不具有以及具有涡流发生器单元之间的差别, 是非常大的。在此, 我们看到滑翔比有非常显著的改进, 结果是风力涡轮机的性能更具吸引力且更高。再次, 这示出了使用本发明的涡流发生器单元能够“移动”清洁维护风力涡轮机叶片 5 的时间间隔, 由此延长所述时间间隔, 或者简单地具有更好的整体性能。

[0108] 特别研究上述两种情况中的第二曲线 31 和第四曲线 33, 是由于这些曲线描述了叶片在清洁之后, 甚至仅仅经过很短的时间, 最终仍然变脏的情况。然而, 明显地, 整洁平滑的表面将表现出最好的性能, 但是也很明显地, 整洁平滑的表面只存在于理论之中, 或至少仅存在于非常有限的时间内。

[0109] 图 9 示出了风力涡轮机叶片 5 的一部分, 其中使用了涡流发生器单元 12 的安装工具 34。安装工具 34 包括可调的对准装置 35, 用于接合风力涡轮机叶片 5 的后缘 11。对准装置 35 也可用于沿叶片表面的标记对准安装工具 34。安装工具 34 还包括夹持装置 36, 在安装涡流发生器单元 12 期间, 其用于将若干个涡流发生器单元 12 保持于特定位置 / 角度。另外, 安装工具 34 还包括调整装置 37, 用于调整对准装置 35 到夹持装置 36 的距离。

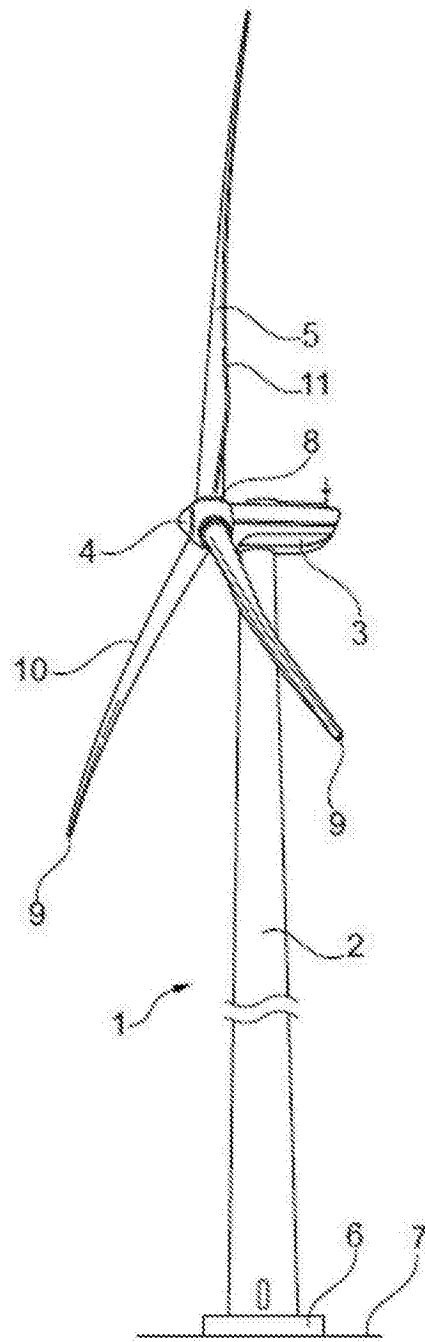


图 1

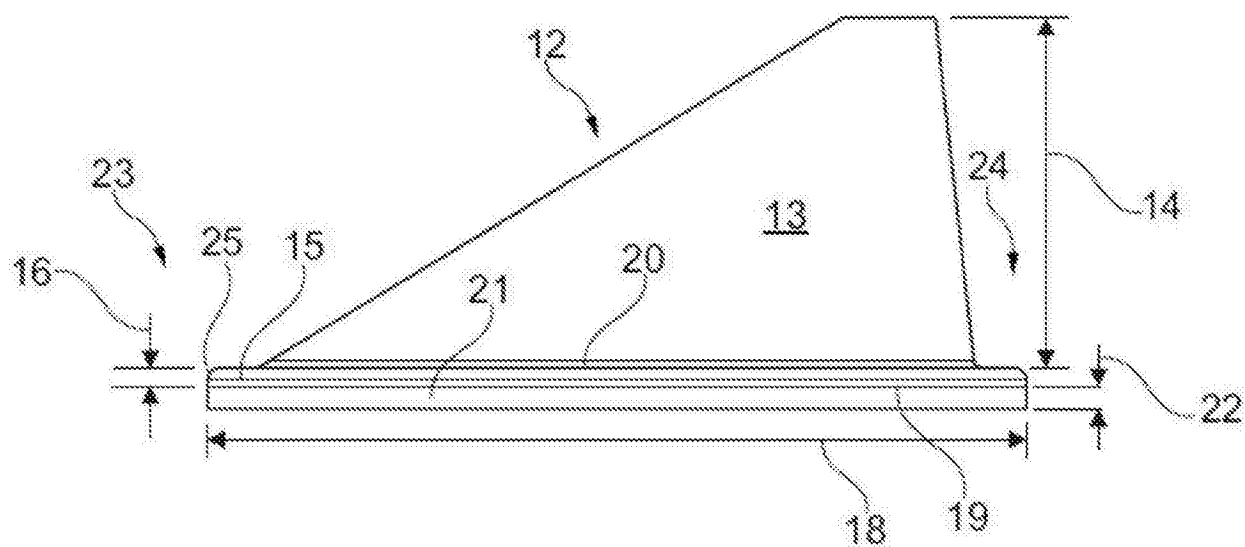


图 2

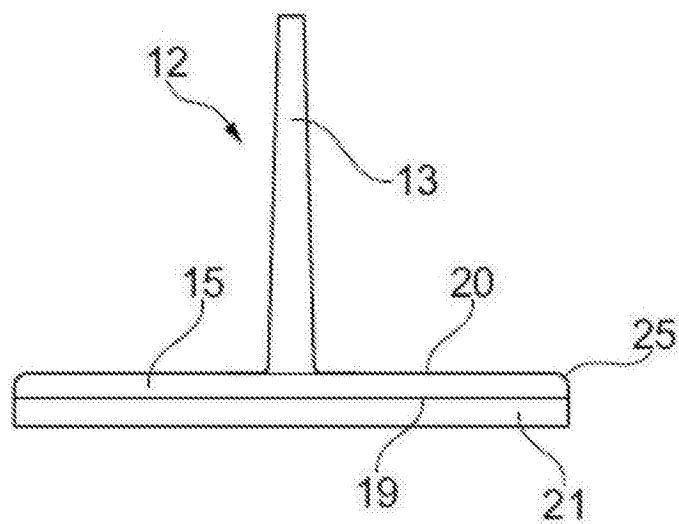


图 3

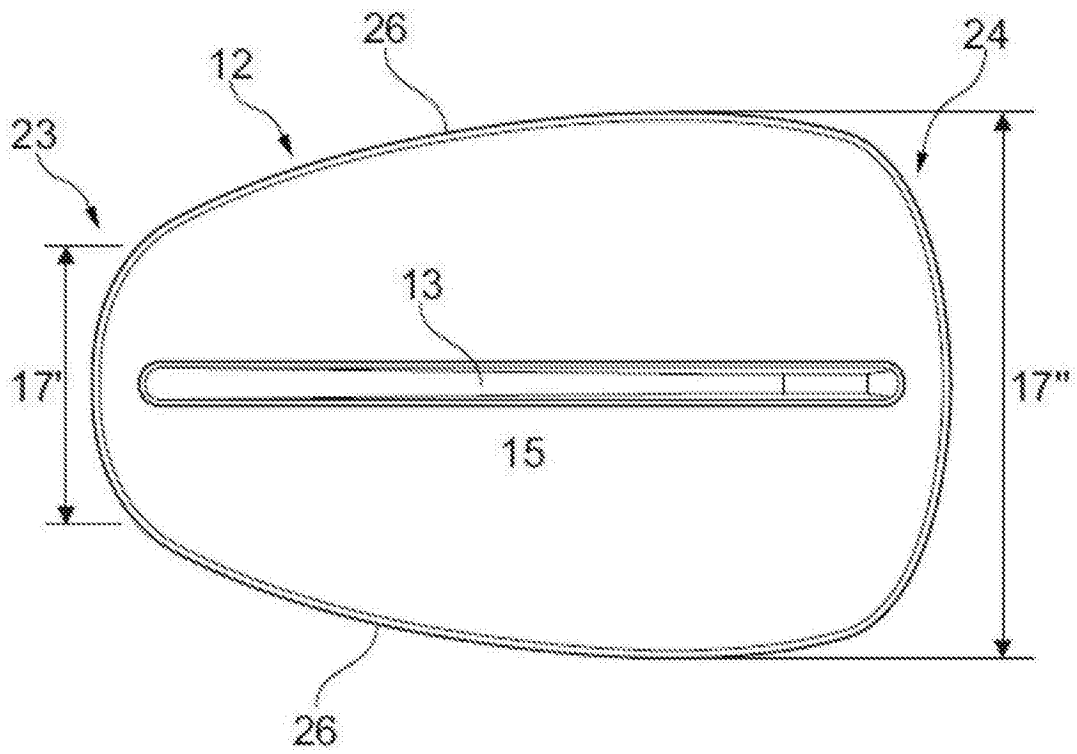


图 4

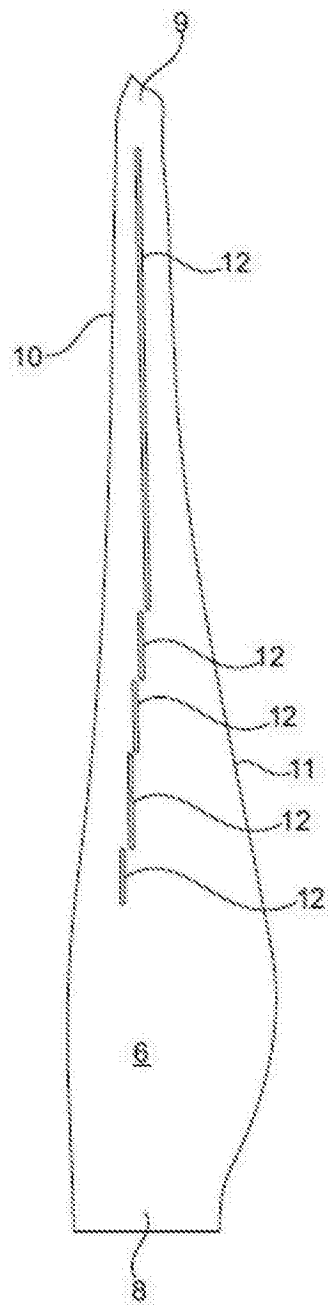


图 5

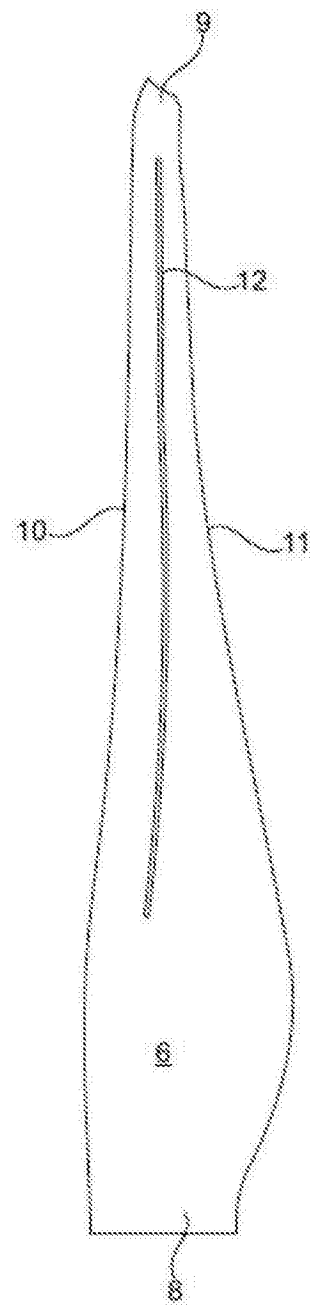


图 6

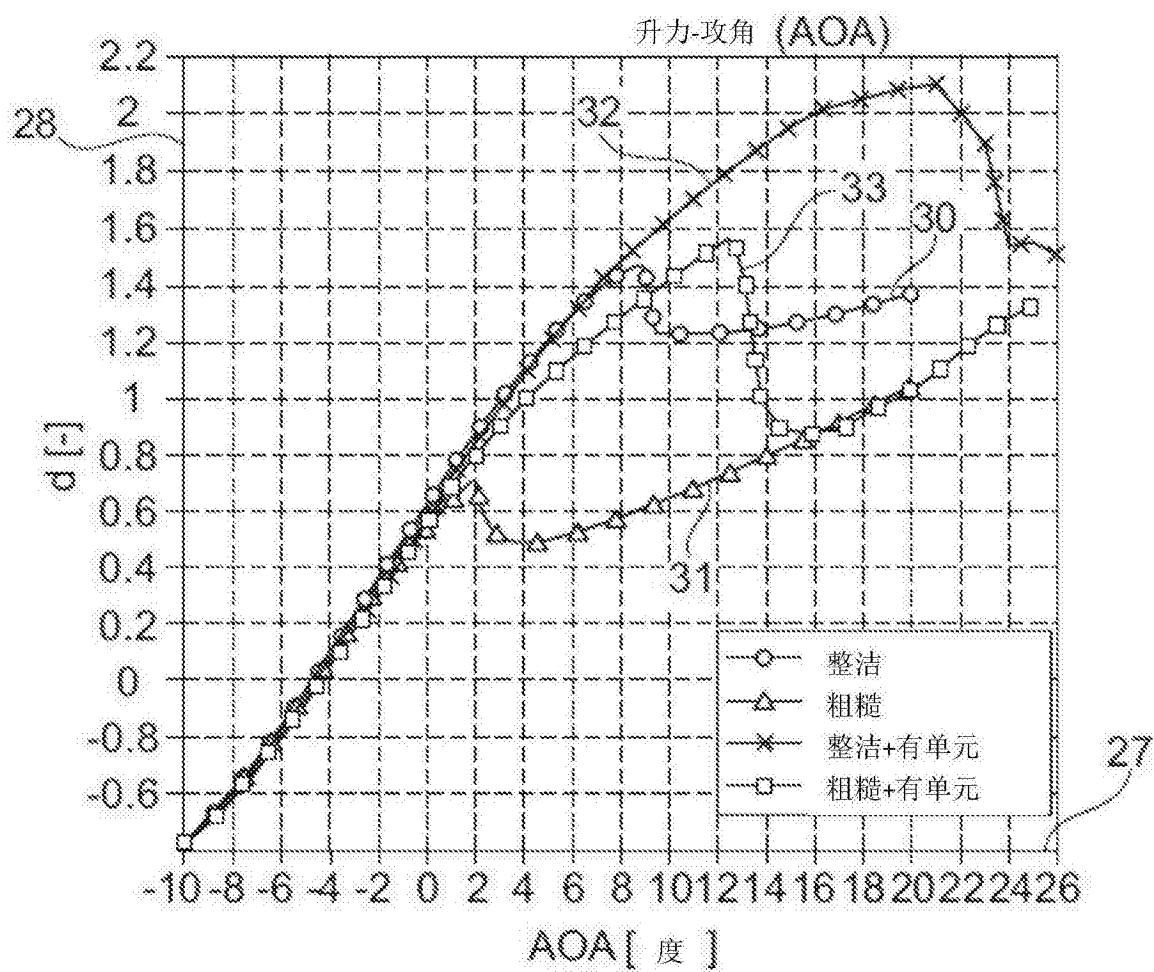


图 7

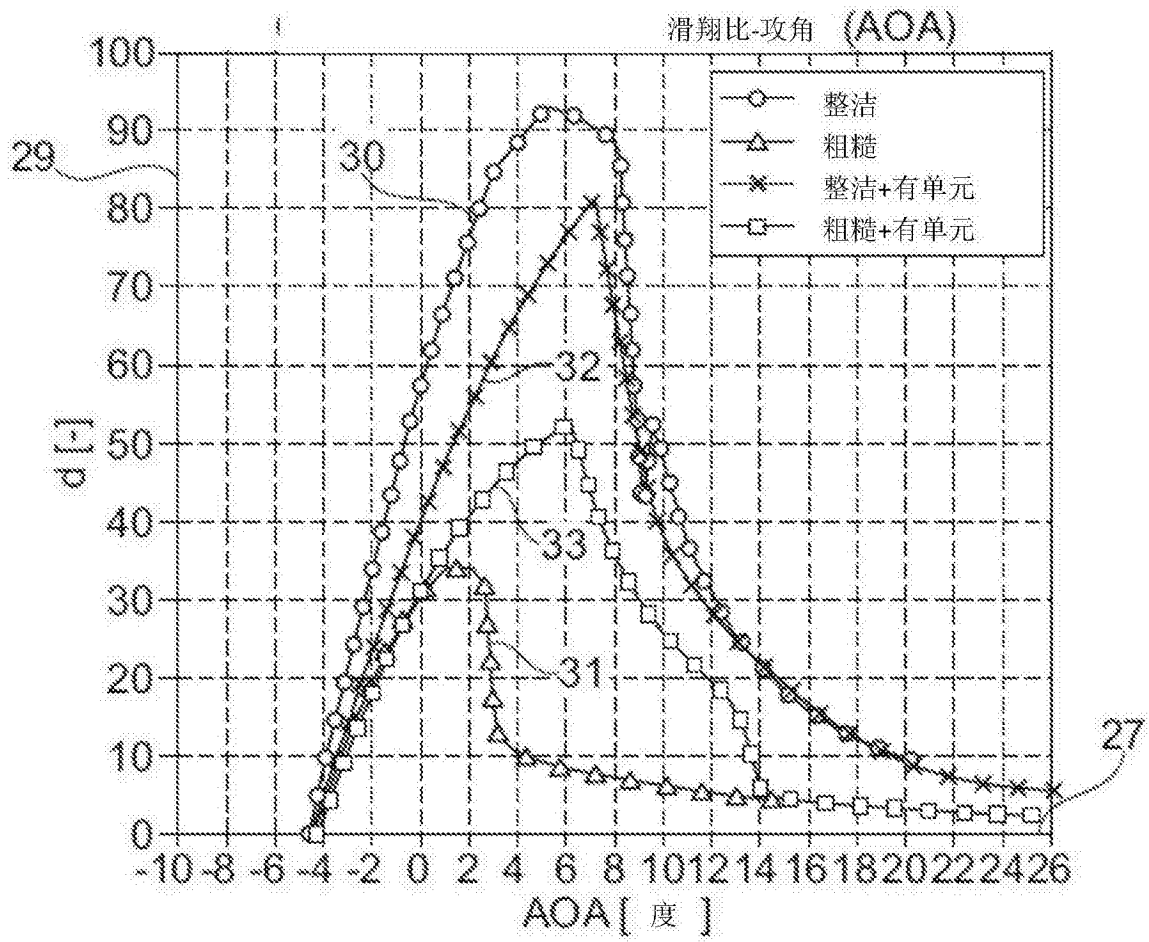


图 8

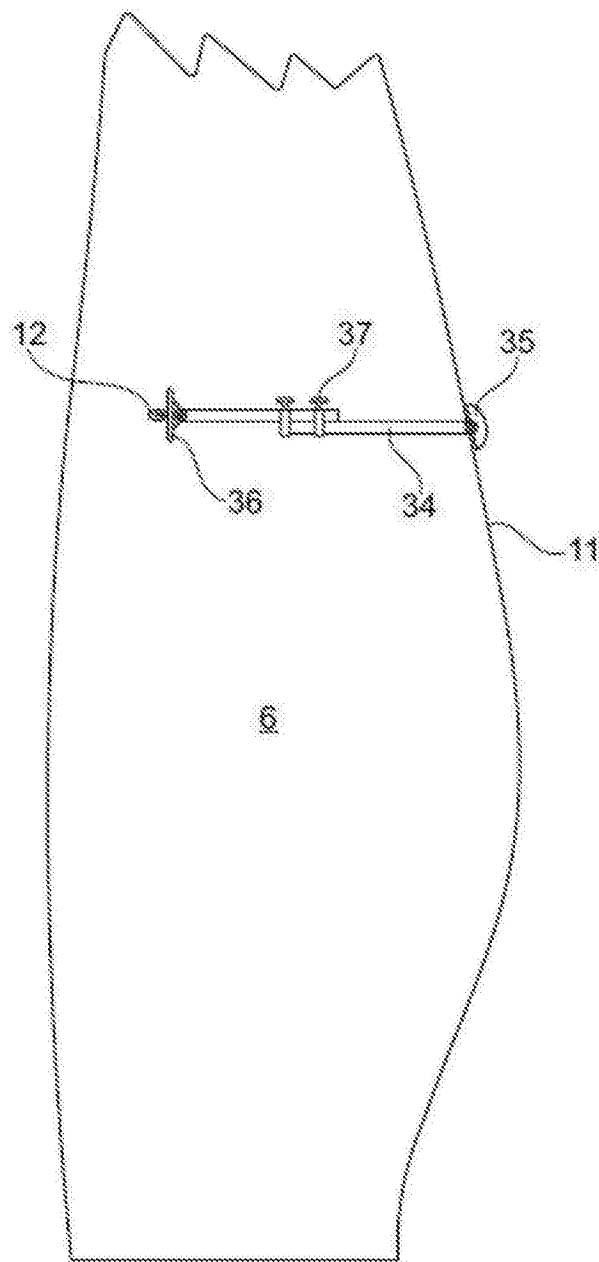


图 9