



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102549258 A

(43) 申请公布日 2012.07.04

(21) 申请号 201080045200.9

(72) 发明人 P. 富格尔桑格 S. 博韦 P. 格劳鲍

(22) 申请日 2010.10.08

V. v. 苏布拉曼亚姆 B. 伦德

(30) 优先权数据

09172592.9 2009.10.08 EP

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.04.06

代理人 姚李英 杨楷

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/065078 2010.10.08

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

(87) PCT申请的公布数据

W02011/042530 EN 2011.04.14

(71) 申请人 LM 玻璃纤维制品有限公司

地址 丹麦科灵

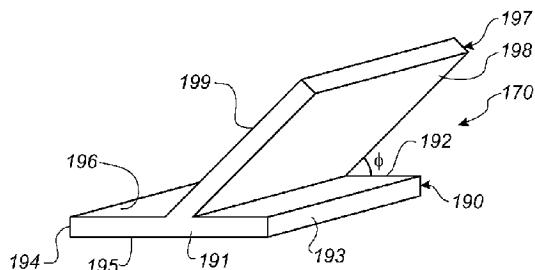
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

具有带板形元件的沿纵向延伸的流动引导装置的风力涡轮机叶片

(57) 摘要

公开了一种用于具有大致水平的转子轴的风力涡轮机(2)转子的风力涡轮机叶片(10)，所述转子包括桨毂(8)，叶片(10)在安装到桨毂(8)上时从桨毂(8)大致沿径向方向延伸，叶片具有带末梢端(14)和根部端(16)的纵向方向以及横向方向。该叶片还包括：仿形轮廓(40, 42, 50)以及前缘(18)和后缘(20)，仿形轮廓包括压力侧和吸入侧，其中翼弦具有在前缘和后缘之间延伸的弦长，仿形轮廓在由入射气流冲击时产生升力。风力涡轮机叶片设有附接到仿形轮廓上的沿纵向延伸的流动引导装置(70, 170)。流动引导装置包括：底座(90, 190)，其具有最接近根部端(16)的第一纵向端(91, 191)和最接近末梢端(14)的第二纵向端(92, 192)，最接近前缘(18)的第一侧(93, 193)和最接近后缘(20)的第二侧(94, 194)，以及第一表面(95, 195)和第二表面(96, 196)，底座的第一表面附接到仿形轮廓上，而第二表面背对仿形轮廓。大致沿纵向延伸的板形元件(97, 197)从底座(90, 190)的第二表面(96, 196)突出。



1. 一种用于具有大致水平的转子轴的风力涡轮机 (2) 转子的风力涡轮机叶片 (10)，所述转子包括桨毂 (8)，所述叶片 (10) 在安装到所述桨毂 (8) 上时，从所述桨毂 (8) 大致沿径向方向延伸，所述叶片具有带末梢端 (14) 和根部端 (16) 的纵向方向 (r) 以及横向方向，所述叶片还包括：

- 仿形轮廓 (40, 42, 50)，所述仿形轮廓包括压力侧和吸入侧，以及前缘 (18) 和后缘 (20)，其中翼弦具有在前缘和后缘之间延伸的弦长，所述仿形轮廓在由入射气流冲击时产生升力，其特征在于，

- 所述风力涡轮机叶片设有附接到所述仿形轮廓上的沿纵向延伸的流动引导装置 (70, 170)，所述流动引导装置包括：

- 底座 (90, 190)，所述底座具有：

- 最接近所述根部端 (16) 的第一纵向端 (91, 191) 以及最接近所述末梢端 (14) 的第二纵向端 (92, 192)，

- 最接近所述前缘 (18) 的第一侧 (93, 193)，以及最接近所述后缘 (20) 的第二侧 (94, 194)，以及

- 第一表面 (95, 195) 和第二表面 (96, 196)，所述底座的第一表面附接到所述仿形轮廓上且所述第二表面背对所述仿形轮廓，其中

- 大致沿纵向延伸的板形元件 (97, 197) 从所述底座 (90, 190) 的第二表面 (96, 196) 沿从所述第一端 (91, 191) 朝所述第二端 (92, 192) 的方向突出，以及其中

- 流动引导装置 (70, 170) 布置成以便在所述叶片由所述入射气流冲击时，在所述流动引导装置 (70, 170) 与所述叶片后缘 (20) 之间的点处产生气流与所述叶片压力侧的分离。

2. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于，所述仿形轮廓分成：

- 根部区 (30)，其具有最接近所述桨毂的大致圆形或椭圆形的轮廓，

- 翼型区 (34)，其具有最远离所述桨毂的升力产生轮廓，以及

- 所述根部区 (30) 与所述翼型区 (34) 之间的过渡区 (30)，所述过渡区 (32) 具有沿径向方向从所述根部区的圆形或椭圆形轮廓逐渐地变成所述翼型区的升力产生轮廓的轮廓。

3. 根据权利要求 2 所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述流动引导装置 (70) 布置在所述仿形轮廓的过渡区 (32) 中，处于所述叶片 (10) 的压力侧上。

4. 根据权利要求 3 所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述流动引导装置大致沿所述过渡区的整个纵向范围延伸。

5. 根据权利要求 2 至权利要求 4 中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述流动引导装置延伸入所述翼型区中。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件大致沿所述底座的整个纵向范围延伸。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件从所述底座的第一侧或第二侧突出。

8. 根据权利要求 1 至权利要求 6 中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件从所述底座的第一侧与第二侧之间的点突出，例如中部。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件大致为平面。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件为弯曲的，例如，凸出的或凹入的。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件在附接点处与所述底座形成第一角，所述第一角为最大 80 度，有利的是最大 70 度，更有利的是最大 60 度。

12. 根据权利要求 11 所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件朝所述叶片后缘成角。

13. 根据权利要求 11 所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述板形元件朝所述叶片前缘成角。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述底座由挠性材料形成。

15. 根据前述权利要求中任一项所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述底座的第一表面是弯曲的。

16. 根据权利要求 14 所述的风力涡轮机叶片，其特征在于，所述第一表面的弯曲沿所述底座的纵向方向变化。

具有带板形元件的沿纵向延伸的流动引导装置的风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于具有大致水平的转子轴的风力涡轮机转子的风力涡轮机叶片，所述转子包括桨毂，叶片在安装到桨毂上时大致沿径向方向从桨毂延伸，叶片具有带末梢端和根部端的纵向方向以及横向方向，叶片还包括仿形轮廓以及前缘和后缘，其中仿形轮廓包括压力侧和吸入侧，其中翼弦具有在前缘和后缘间延伸的弦长，仿形轮廓在由入射气流冲击时产生升力。

背景技术

[0002] 理想的是，翼型的风力涡轮机叶片形状类似于飞机机翼的轮廓，其中叶片的翼弦平面宽度及其一阶导数随离桨毂距离减小而连续地增大。这导致叶片理想的是在桨毂附近较宽。这在必须将叶片安装到桨毂上时又引发了问题，且此外，这在叶片操作期间由于叶片较大表面面积而引起了较大的负载，诸如暴风负载。

[0003] 因此，多年来，叶片的构造已朝一定形状发展，其中叶片由最接近桨毂的根部区、包括最远离桨毂的升力产生轮廓的翼型区，以及根部区与翼型区之间的过渡区构成。翼型区具有相对于产生升力理想或几乎很理想的叶片形状，而根部区具有大致圆形的截面，这减小了暴风负载，且使得将叶片安装至桨毂较为容易和安全。根部区的直径优选为沿整个根部区恒定。由于圆形截面，故根部区不会有帮助风力涡轮机的发电，且实际上由于阻力而使其降低了少许。如其名称暗含的那样，过渡区具有从根部区的圆形形状逐渐地变至翼型区的翼型轮廓的形状。通常，过渡区中的叶片宽度随离桨毂距离增大而大致线性地增大。

[0004] 举例来说，用于风力涡轮机的叶片经过一定时间已变得越来越大，且它们现在可能大于 60 米长，故对优化空气动力性能的需求就在增加。风力涡轮机叶片设计成具有至少 20 年的操作寿命。因此，叶片总体性能甚至较小的变化在风力涡轮机叶片的寿命内都可累积高度增长的经济利益，这超过了与这些变化相关的附加制造成本。多年来，研究的焦点区域已集中于改善叶片的翼型区，但在最近几年间，越来越多的焦点已集中于还改善叶片根部和过渡区的空气动力性能。

[0005] WO2007/065434 公开了一种叶片，其中根部区设有缺口和 / 或凸起，以便从此叶片的部分上减少阻力。

[0006] WO2007/045244 公开了一种叶片，其中根部区和过渡区设计成以便具有至少两个单独的翼型轮廓，以便增大这些区的升力。

[0007] WO2008600 描述了一种风力涡轮机，其中风力涡轮机的输出通过向风力涡轮机的根部区段提供部件来增大，该部件以由该部件和根部区段构成的组件可吸收风能且增大风力涡轮机的总体效率的方式设计。

[0008] WO2007/118581 公开了一种叶片，其中叶片的内侧部分在叶片压力侧上设有流动引导装置，以便通过增加升力来提高叶片的空气动力性能。然而，提出的设计由于三角形截面而刚性很大，且因此流动引导装置在叶片弯曲时具有与叶片表面分开的趋势。

[0009] DE102008002930 公开了一种风力涡轮机叶片，其设有流动引导装置，该流动引导装置包括底座和板形元件，板形元件在叶片的横向方向上沿叶片翼弦延伸。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于获得一种新型的叶片，且该新型的叶片克服或改善了现有的技术的至少一个缺点，或提供了有用的备选方案。

[0011] 根据本发明的第一方面，一种风力涡轮机叶片设有附接到仿形轮廓上的沿纵向延伸的流动引导装置，该流动引导装置包括：底座，其具有最接近根部端的第一纵向端和最接近末梢端的第二纵向端，最接近前缘的第一侧和最接近后缘的第二侧以及第一表面和第二表面，底座的第一表面附接到仿形轮廓上，而第二表面背对仿形轮廓，其中沿从第一端到第二端的方向大致沿纵向延伸的板形元件从底座第二表面突出，其中流动引导装置布置成以便在叶片由入射气流冲击时，在流动引导装置与叶片后缘之间的点处产生气流与叶片压力侧的分离。因此，应当认识到的是，流动引导装置以离后缘一定距离（即，以一定间隔）布置在前缘与后缘之间。

[0012] 相比于 WO2007/118581 中所述的扰流器的已知结构，该结构具有的优点在于其更为灵活，且将减小流动引导装置部分端部处的剥落力。因此，底座具有较小与叶片表面断开的趋势。类似于 WO2007/118581 中所述的扰流器装置，本装置可用作高升力装置，其用于将升力加至叶片的某些纵向区域，因此有助于年能量产能。

[0013] 流动引导装置有利的是布置成大致平行于风力涡轮机叶片的纵轴线，例如，桨距轴线。因此，流动引导装置的纵向方向和叶片的纵轴线形成小于 30 度或小于 20 度的角。

[0014] 流动引导装置优选为永久性地附接到风力涡轮机叶片的表面上，且可能未主动地受控制。因此，前表面的定向是非可调的。另外，还认识到流动引导装置用于增大升力和能量产能。因此，流动引导装置作为备选可表示为高升力装置。

[0015] 其中入射流的意思是叶片正常使用（即，在风力涡轮机转子上旋转）期间叶片区段处的入流状态。因此，进入流为由轴向风速和叶片局部区段经历的旋转分量的合成形成的入流。其中到来流意思是撞击流动引导装置的流，即，接触和冲击流动引导装置的叶片压力侧上的局部流。

[0016] 根据有利的实施例，仿形轮廓分成：根部区，其具有最接近桨毂的大致圆形或椭圆形的轮廓、具有最远离桨毂的升力产生轮廓的翼型区以及根部区与翼型区之间的过渡区，过渡区具有沿径向方向从根部区的圆形或椭圆形轮廓逐渐地变成翼型区的升力产生轮廓的轮廓。这对应于常规现代风力涡轮机叶片的设计。

[0017] 根据特别有利的实施例，流动引导装置布置在仿形轮廓的过渡区中，优选是在叶片的压力侧上。该装置可增大过渡区中的升力，且因此有助于能量产能。有利的是，流动引导装置大致沿过渡区的整个纵向范围延伸，因此有助于沿整个过渡区增大升力。

[0018] 再有，流动引导装置可有利地延伸到翼型区中。这将升力加至翼型区，且因此增大了年能量产能。原则上，其还可延伸到根部区中。另外，流动引导装置可单独地布置在根部区中，或单独地布置在翼型区中。

[0019] 根据一个有利的实施例，板形元件大致沿底座的整个纵向范围延伸。

[0020] 根据第一实施例，板形元件从底座的第一侧或第二侧突出。因此，提供了简单的实

施例，其中流动引导装置同样形成为角材。根据第二实施例，板形元件从底座第一侧与第二侧之间的点突出，例如，中部。因此，板形元件可大致从底座的中部延伸。

[0021] 根据一个有利的实施例，板形元件大致为平面。这提供了制造容易且便宜的简单实施例。根据另一有利实施例，板形元件是弯曲的，例如，凸出或凹入。这在某些情形中可能有利，例如，以便获得从叶片表面至板形元件的平滑过渡。板形元件可模制成弯曲形状，或形成为平面元件，其随后弯成所期望的形状。

[0022] 在根据本发明的一个实施例中，在附接点处的板形元件与底座形成第一角，第一角为最大 80 度，有利的是最大 70 度，更有利的是最大 60 度。根据另一实施例，第一角为至少 100 度，或有利的是至少 110 度，或更有利的是至少 120 度。如果发现附接点在底座的第一侧或第二侧处，则该实施例是特别相关的。这些实施例提供了简单的解决方案来使板形向前或向后成角，这还有助于叶片压力侧上的压力累积。

[0023] 根据第一有利实施例，板形元件朝叶片后缘成角。因此，板形元件大致定位后缘与在附接点（或从入流看是在所述表面法线后方）处垂直于底座的表面之间。在该实施例中，板形元件具有对应于 WO2007/118581 中公开的扰流器入流表面的入流表面。入流表面的角和入流表面远端点的表面高度有利地可对应于分别由本申请人在欧洲专利申请 EP08171530. 2 和 EP08171533. 6 中描述的那些。然而，例如，相比于 WO2007/118581，该设计不是刚性而具有较大的结构优点。

[0024] 根据第二有利实施例，板形元件朝叶片的前缘成角。因此，板形元件大致定位在前缘与在附接点处垂直于底座的表面（或从入流看是在所述表面法线的前方）之间。因此，当叶片的仿形轮廓由入射气流冲击时，流动引导装置在前表面前方产生气穴，这增大了流动引导装置前方的压力，且其围绕流动引导装置引导气流。

[0025] 作为优选，流动引导装置形成为沿纵向延伸的装置。根据有利实施例，流动引导装置沿风力涡轮机叶片纵向范围的至少 5% 延伸。再有，流动引导装置的纵向范围可为叶片纵向范围或长度的至少 7%、10%、15% 或甚至 20%。

[0026] 根据另一实施例，沿纵向延伸的流动引导装置沿叶片的至少 1 米，或风力涡轮机叶片的至少 2 米，或至少 3 米，或至少 4 米，或至少 5 米，或至少 6 米，或甚至至少 8 米，或 10 米延伸。

[0027] 在一个实施例中，在流动引导装置的至少中心纵向部分中，从远端点至仿形轮廓（或换言之是流动引导装置的高度）的最小距离沿朝末梢端的纵向方向减小。作为备选，流动引导装置的高度可至少在流动引导装置的中部大致恒定。该高度可在纵向方向上以高度增大的部分和高度减小的部分交替变化。

[0028] 在一个有利实施例中，底座由挠性材料形成。因此，底座的弯曲刚度可减小，且底座可弯曲来配合叶片表面，而不会在底座与板形元件之间的连结线中引入较大应力。例如，这可通过将底座形成为复杂结构而获得，诸如利用玻璃纤维加强的聚合物基材料。例如，聚合物基材料可为聚氨基甲酸酯树酯。再有，底座可由聚合材料制成，诸如 ABS 塑料或聚碳酸酯。

[0029] 有利的是，流动引导装置的纵向范围为至少 0.5 米，或至少 1 米，或至少 2 米，或至少 3 米。另外，底座的宽度，即，底座的第一侧与第二侧之间的距离，有利的是在 20cm 至 100cm 之间，或 20cm 至 70cm 之间。

[0030] 根据一个有利实施例，底座的第一表面是弯曲的，且第一表面的曲率可选为在底座的纵向方向上变化。因此，该形状可大致匹配风力涡轮机叶片仿形轮廓的沿纵向变化的表面曲率。然而，根据一个有利的实施例，底座为平面。因此，可行的是将流动引导装置制造为压出或挤出的元件。

[0031] 风力涡轮机叶片有利的是可由复合结构的材料制成，诸如由纤维材料加强的聚合物基材料。树脂可为热固性树脂，诸如环氧树脂、乙烯基酯、聚酯。树脂还可为热塑性塑料，诸如尼龙、PVC、ABS、聚丙烯或聚乙烯。再有，树脂可为热固性热塑性塑料，诸如可循环的PBT或PET。流动引导装置还可由这样的复合材料制成。聚合物基材料还可为聚氨基甲酸酯树脂。另外，底座可由聚合材料制成，诸如ABS塑料或聚碳酸酯。

[0032] 流动引导装置（或流动引导装置部分）可通过将其粘附到叶片表面上而附接到叶片表面上。其还可螺接或铆接到叶片表面上。其还可通过使用螺钉来安装到叶片表面上。原则上，如果流动引导装置和 / 或叶片包括可磁化材料，则还有可能的是通过使用磁铁方式将流动引导装置附接到叶片表面上。

[0033] 根据另一方面，本发明提供了一种风力涡轮机，其包括根据任一前述实施例的许多叶片，优选为两个或三个。

附图说明

[0034] 下文将参照附图来详细描述本发明，在附图中：

图 1 示出了风力涡轮机，

图 2 示出了根据本发明的设有流动引导装置部分的风力涡轮机叶片的第一实施例的示意性视图，

图 3 示出了翼型轮廓的示意性视图，

图 4 示出了根据本发明的流动引导装置的第一实施例的示意性视图，

图 5 示出了根据本发明的流动引导装置的第二实施例的示意性视图，

图 6 为根据本发明的流动引导装置的各种设计的截面，

图 7 示出了流动引导装置与风力涡轮机叶片表面的附接，

图 8 示出了根据本发明的随离桨毂径向距离变化的第一流动引导装置的后缘高度，

图 9a 示出了根据本发明的随离桨毂径向距离变化的第二流动引导装置的后缘高度，

图 9b 示出了根据本发明的随离桨毂的径向距离变化的第三流动引导装置的后缘高度，

图 10 示出了设有加强部件的流动引导装置的实施例，以及

图 11 示出了一个实施例，其中装置的端部设有凹口。

具体实施方式

[0035] 图 1 示出了根据所谓“丹麦原理”的常规现代逆风风力涡轮机，其具有塔架 4、机舱 6 和具有大致水平的转子轴的转子。转子包括桨毂 8 和从桨毂 8 沿径向延伸的三个叶片 10，叶片 10 分别具有最接近桨毂的叶片根部 16 和最远离桨毂 8 的叶片末梢 14。

[0036] 图 3 示出了绘制为具有各种参数的风力涡轮机的典型叶片的翼型轮廓 50 的示意性视图，参数通常用于限定翼型件的几何形状。翼型轮廓 50 具有压力侧 52 和吸入侧 54，在

使用期间（即，在转子旋转期间），一般分别面朝迎风侧和背风侧。翼型件 50 具有翼弦 60，翼弦 60 具有在叶片的前缘 56 与后缘 58 之间延伸的弦长 c。翼型件 50 具有厚度 t，其限定为压力侧 52 与吸入侧 54 之间的距离。翼型件的厚度 t 沿翼弦 60 变化。与对称轮廓背离是由脊线 62 给予的，脊线 62 为穿过翼型轮廓 50 的中线。中线通过从前缘 56 到后缘 58 绘制内切圆来发现。中线沿着这些内切圆的中心，且与翼弦 60 的偏离或距离称为弧 f。还可通过使用称为上弧和下弧的参数来限定不对称，参数分别限定为离翼弦 60 和压力侧 52 及吸入侧 54 的距离。

[0037] 图 2 示出了根据本发明的风力涡轮机叶片 10 的第一实施例的示意性视图。风力涡轮机叶片 10 具有常规风力涡轮机叶片的形状，且包括最接近桨毂的根部区 30、最远离桨毂的仿形或翼型区 34，以及根部区 30 与翼型区 34 之间的过渡区 32。叶片 10 包括在叶片安装到桨毂上时面对叶片 10 旋转方向的前缘 18，以及面对前缘 18 相对方向的后缘 20。

[0038] 翼型区 34（也称为仿形区）具有相对于产生升力理想的或几乎理想的叶片形状，而根部区 30 由于结构考虑而具有大致圆形或椭圆形的截面，例如，这使得将叶片 10 安装至桨毂更容易和安全。根部区 30 的直径（或翼弦）通常沿整个根部区域 30 是恒定的。过渡区 32 具有从根部区 30 的圆形或椭圆形状 40 逐渐变成翼型区 34 的翼型轮廓 50 的过渡轮廓 42。过渡区 32 的宽度通常随离桨毂的距离 r 增大而大致线性地增大。

[0039] 翼型区 34 具有翼型轮廓 50，其中翼弦在叶片 10 的前缘 18 与后缘 20 之间延伸。翼弦的宽度随离桨毂的距离 r 增大而减小。

[0040] 应当注意的是，叶片不同区段的翼弦一般不会处于公共平面内，因为叶片可能扭曲和/或弯曲（即，预弯曲），因此向翼弦平面提供了对应的扭曲和/或弯曲路线，这是最普遍的情况，以便补偿取决于距离桨毂的半径的叶片局部速度。

[0041] 根据本发明的风力涡轮机叶片 10 设有流动引导装置 70，其至少在叶片的过渡区 32 中从叶片压力侧突出。但是，元件还可布置在叶片 10 的其它部分中。在特别有利的实施例中，流动引导装置 70 延伸到根部区 30 中。

[0042] 图 4 示出了根据本发明的流动引导装置 70 的第一实施例。流动引导装置形成为具有底座 90 的沿纵向延伸的装置。底座 90 包括第一纵向端 91，其在流动引导装置 70 附接到风力涡轮机叶片 10 的仿形轮廓上时，布置成最接近叶片的根部端，以及布置成最接近叶片 10 末梢端的第二纵向端 92。底座 90 还包括布置成最接近叶片 10 的前缘 18 的第一侧 93，以及布置成最接近叶片的后缘 20 的第二侧 94。底座 90 还包括附接到叶片 10 的表面上的第一表面 95，以及背对叶片 10 的表面的第二表面。板形元件 97 从底座 90 的第二表面 96，从大致在第一侧 93 与第二侧 94 中间的部分突出。板形元件 97 沿底座 90 的整个纵向程度沿纵向延伸。板形元件包括面朝叶片 10 的前缘 18 的前表面 98，以及面朝叶片 10 的后缘 20 的后表面 99。在风力涡轮机操作期间，板形元件 97 的前表面 98 因此由到来的气流冲击。板形元件 97 用作为阻塞轮廓的压力侧上的流动。气流分离出现在流动引导装置之后，即，在流动引导装置与叶片后缘之间。这种阻塞由于流动分离而在流动引导装置之后，即，流动引导装置与风力涡轮机叶片后缘之间，导致了较高的压力。这种较高压力有助于流动引导装置 70 布置于其中的纵截面中的较高升力。

[0043] 图 5 示出了根据本发明的流动引导装置 170 的第二实施例，其中相似的数字表示图 4 中所示实施例的相似部分。因此，仅描述了两个实施例之间的差异。在该实施例中，板

形元件 197 向前成角,以便板形元件 197 与底座 190 形成第一角 ϕ 。因此,前表面 198 还朝底座 190 和叶片 10 的表面略微面向下。当在风力涡轮机正常操作期间前表面 198 由到来的气流冲击时,气穴形成在前表面的前方,这增大了流动引导装置前方的压力,且围绕流动引导装置 170 引导气流。因此,增大的压力累积在流动引导装置 170 的前方和后方。因此,升力沿大部分叶片区段增大。第一角 ϕ 有利的是为至少 20 度,且大约 30 至 45 度的角不但相对于增加升力而且相对于流动引导装置的灵活性都已显出了优异的效果。

[0044] 然而,板形元件不必如图 4 中所示那样大致垂直于底座(和叶片的仿形轮廓)突出,或如图 5 中所示那样向前成角。另外,板形元件不必从底座的中部突出。图 6 示出了流动引导装置的截面设计的变型。

[0045] 图 6(a)–(e) 示出了流动引导装置的不同实例,其同样定形为角材。在所有实施例中,假定叶片前缘布置在右侧,而后缘在左侧。因此,在风力涡轮机的正常操作期间,到来的气流从右向左。

[0046] 在实施例(a)中,板形元件向前成角,且从底座的第二侧突出。在实施例(b)中,板形元件向后成角,且从底座的第一侧突出。在这两个实施例中,(a) 和 (b) 的板形元件的角与底座形成 45 度的角。

[0047] 在实施例(c)中,板形元件向前成角,且从底座的第二侧突出。在实施例(d)中,板形元件向后成角,且从底座的第二侧突出。在这两个实施例中,板形元件与底座形成大约 135 度的角。

[0048] 在实施例(e)中,板形元件大致垂直于底座从底座的第一侧突出。

[0049] 实施例(f)–(h) 示出了板形元件从底座中部(即,底座的第一侧与第二侧之间)突出的实施例。板形元件例如可如实施例(f)中所示那样向前成角,如实施例(g)中所示那样向后成角,或如实施例(h)中所示那样从底座垂直地突出。

[0050] 在所有前述实施例中,板形元件设计为平面元件。然而,前述实施例的板形元件可略弯或弯曲,例如,以实施例(i)中所示的凹入形状或实施例(j)中所示的凸出形状。另外,板形元件可包括不同的平面部分,其相对于底座不同地成角,板形元件因此具有如实施例(k)中所示的不连续设计。

[0051] 流动引导装置通常安装在风力涡轮机叶片的弯曲表面上。因此,底座的侧部可能如图 7(a)中所示那样与叶片表面略微分离。因此,有利的是流动引导装置的底座由挠性材料制成,以便减少沿整个底座板的应力形成。此外,通过使板形元件具有挠性,就减小了流动引导装置端部处的剥落力。这可通过使底座形成为相对较薄的板而获得,例如,由复合材料制成,如玻璃纤维加强的聚合物基材料。作为备选,底座可如图 7(b)中所示那样略微弯曲,以便补充风力涡轮机叶片的表面。底座例如可通过将底座第一表面粘附到叶片表面上,或通过将其经由连接装置如螺钉或螺母和螺栓连接到叶片上来附接到叶片表面上。还有可能的是将流动引导装置模制到叶片表面上。再有,如果例如底板和 / 或叶片壳体包括可磁化的材料,则流动引导装置可通过使用磁铁方式来附接到叶片表面上。另外,底座第一表面的曲率可沿底座的纵向方向变化,以便适应风力涡轮机叶片变化的形状。

[0052] 在第一实施例中,流动引导装置的高度 h 可如图 8 中所示那样沿纵向方向(或离桨毂的径向距离)朝叶片的末梢端 r (至少在流动引导装置的中心纵向部分 71 内)减小。流动引导装置的高度在图 8 中示为随离桨毂的径向距离 r 而变化。在最接近桨毂的流动引

导装置 70 的纵向端处,流动引导装置 70 成圆形或锥形,以便获得到至叶片仿形轮廓的平滑过渡。

[0053] 在第二实施例中,流动引导装置 70 的高度在图 9a 中示出为在叶片纵向方向上,至少在中心纵向部分 71 内大致恒定。此外,可以看到的是,流动引导装置 70 可在流动引导装置 70 的纵向端附近成圆形或锥形,以便获得到叶片仿形轮廓的平滑过渡。

[0054] 在第三实施例中,流动引导装置 70 的高度如图 9b 中所示那样在第一纵向部分中增大,而在第二纵向部分中减小。

[0055] 当流动引导装置部分定形为如图 5 中所示的向前成角的板形元件时,装置部分可有利地设有加强装置 1190,其如图 10 中所示那样布置在板形元件的后表面上。加强装置有利的是可形成为后表面与装置底座之间的三角形板。加强装置有利的是大致布置在叶片的横向方向上,即,大致平行于局部翼弦。

[0056] 如图 11 中所示,流动引导装置或流动引导装置组合中的单个模块可有利地在装置的一端或两端设有凹口 1285、切口等。这将减小端部处的应力集中和剥落力。凹口可为有用的相关形状,如三角形、圆形、正方形等。

[0057] 虽然已经参照优选实施例描述了本发明。然而,本发明的范围不限于所示的实施例,且备选方案和修改可在不脱离本发明范围的情况下执行。例如,仅提出了流动引导装置布置在叶片过渡区中的叶片压力侧上的实施例。然而,有利的是,流动引导装置还延伸至叶片的根部区和 / 或翼型区。再有,流动引导装置在其它有利实施例中可布置在叶片的其它部分上,诸如叶片的吸入侧上或在叶片后缘处,如盖尼类装置 (Gurney like device)。

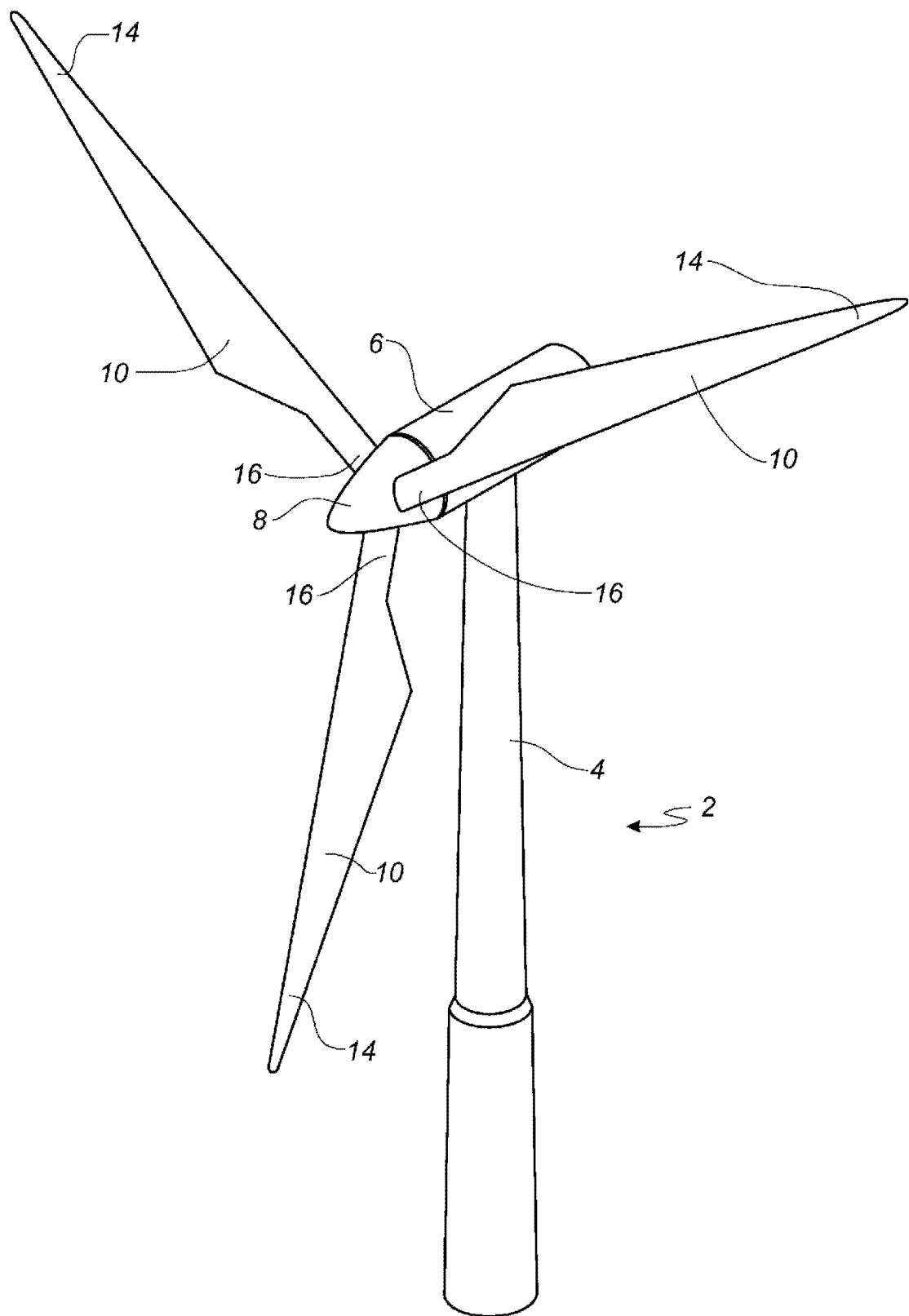


图 1

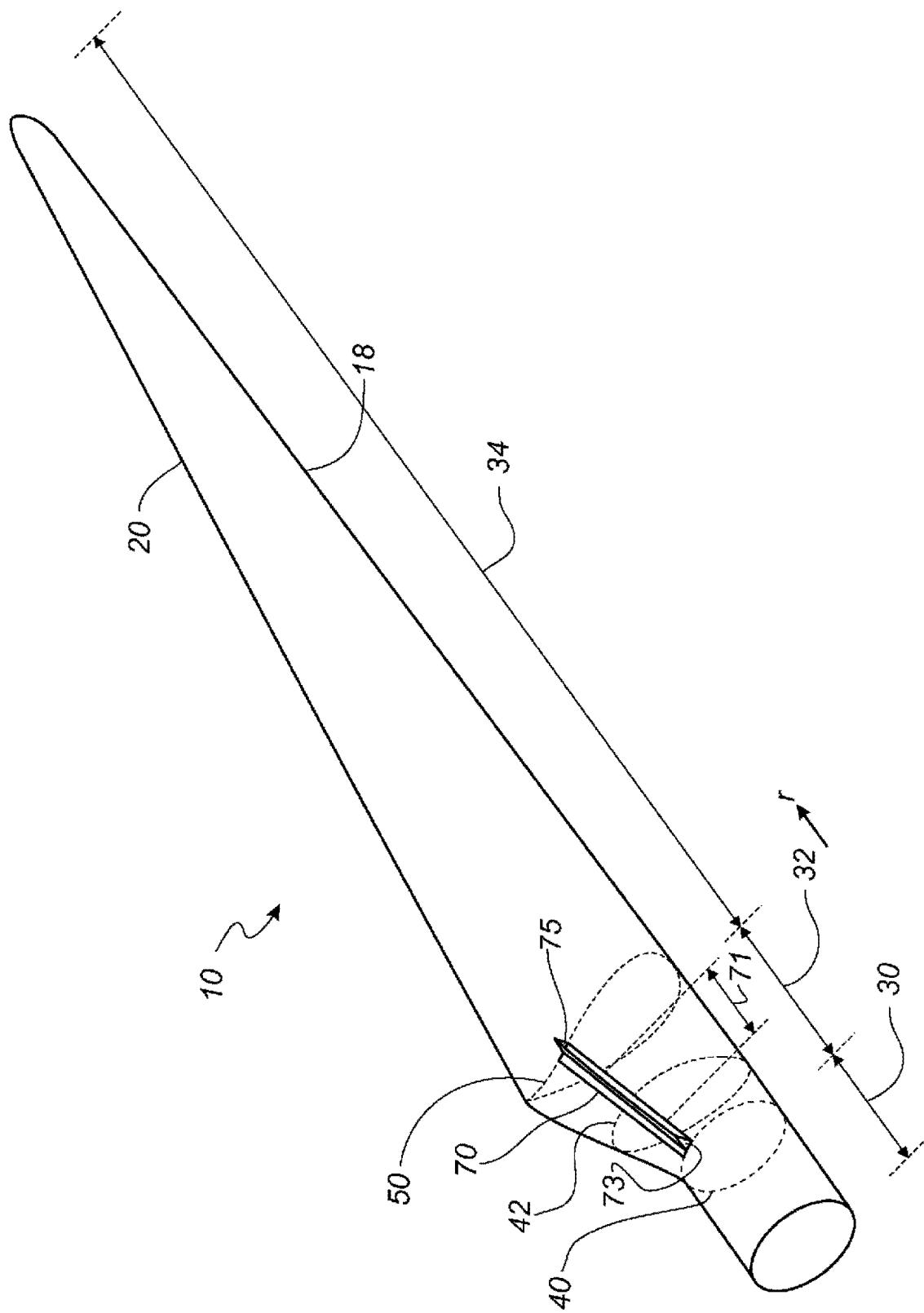


图 2

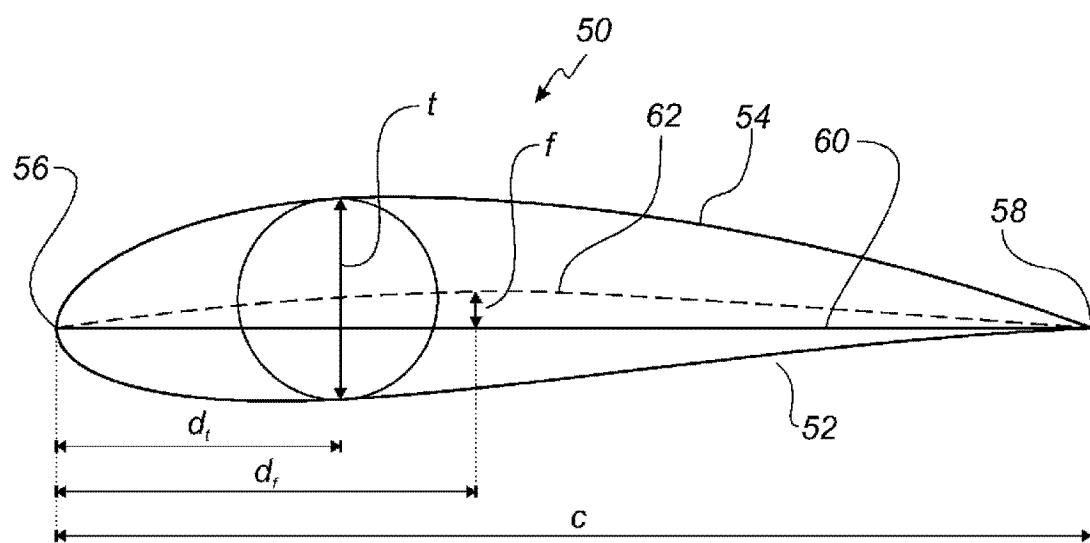


图 3

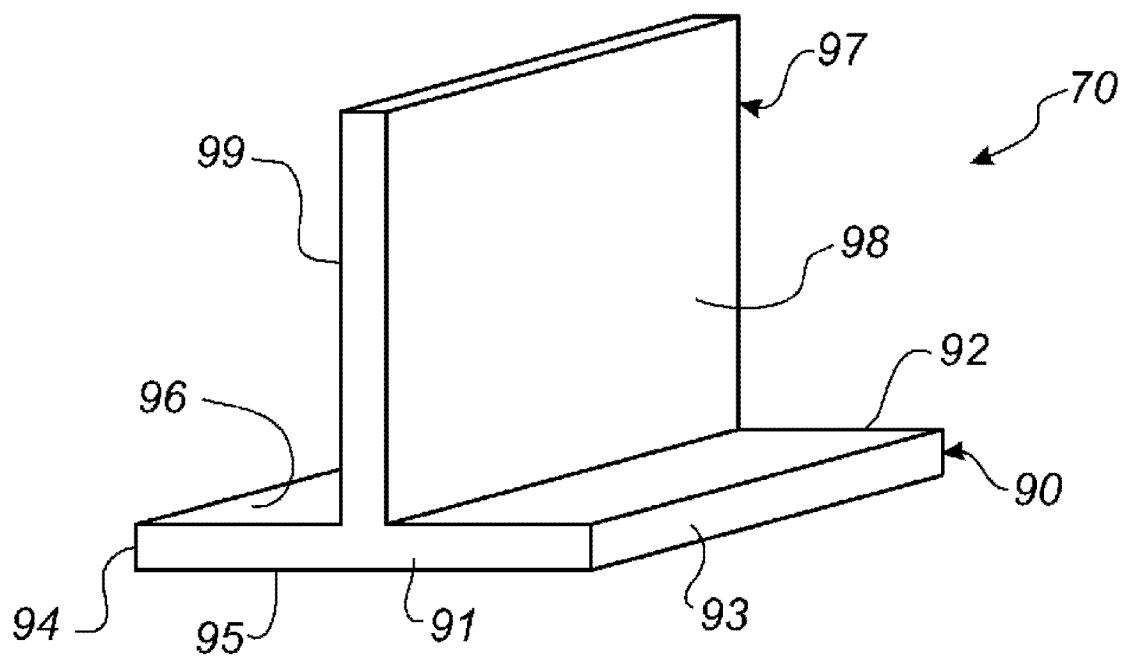


图 4

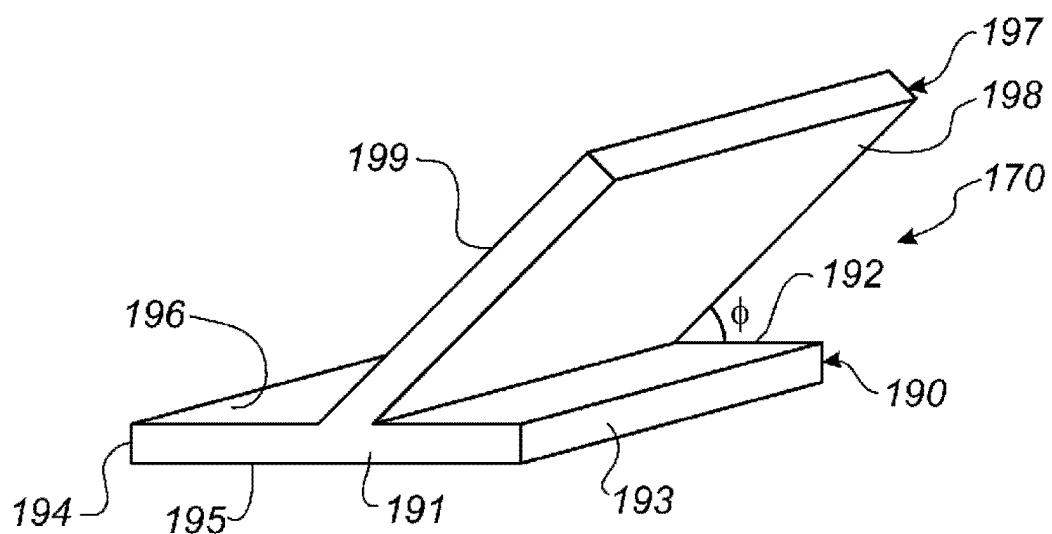


图 5

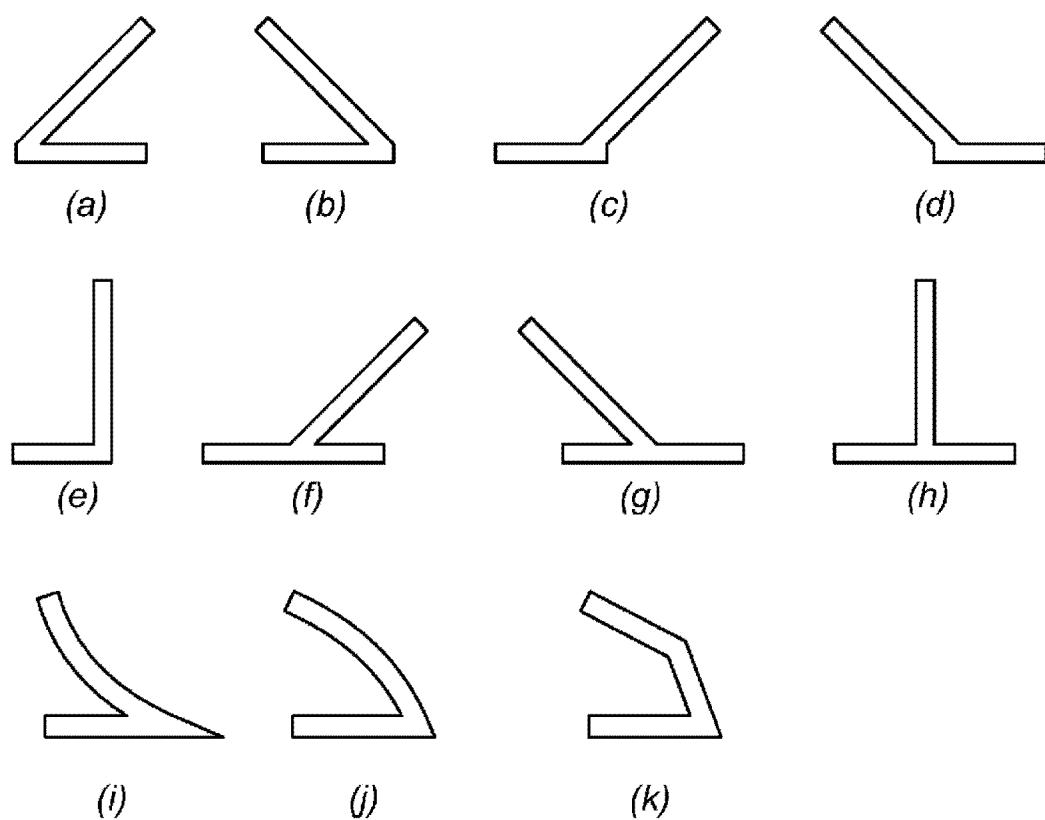


图 6

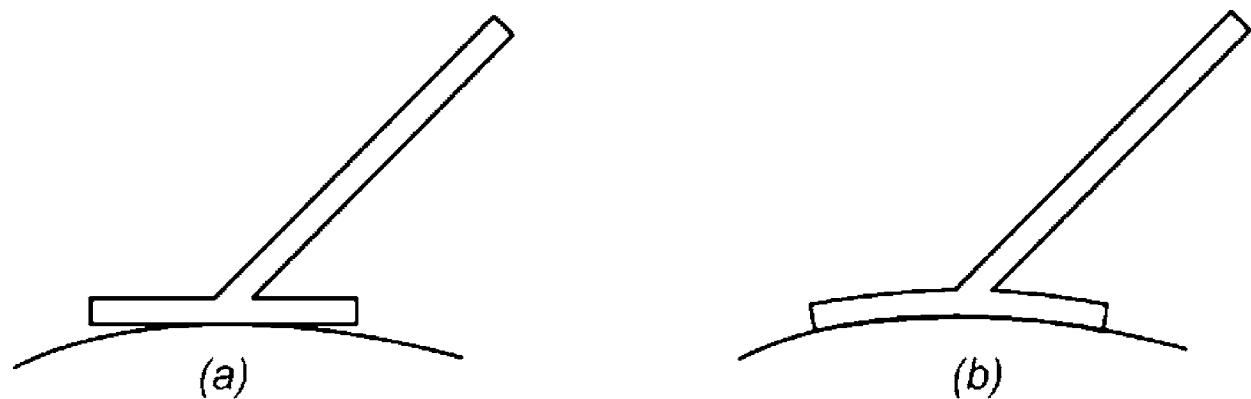


图 7

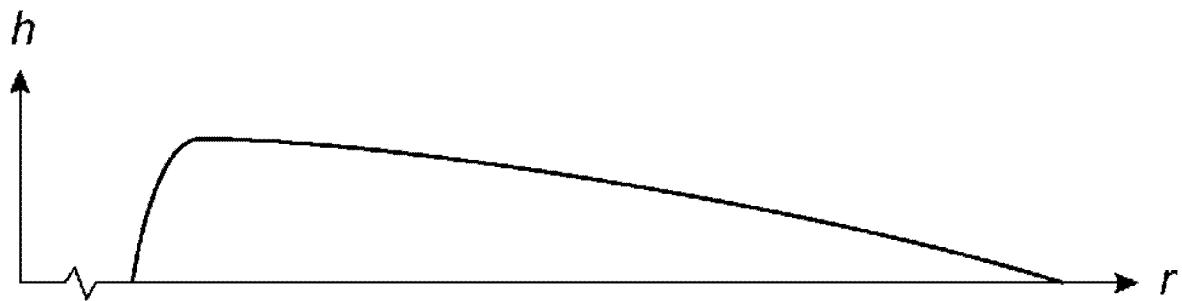


图 8

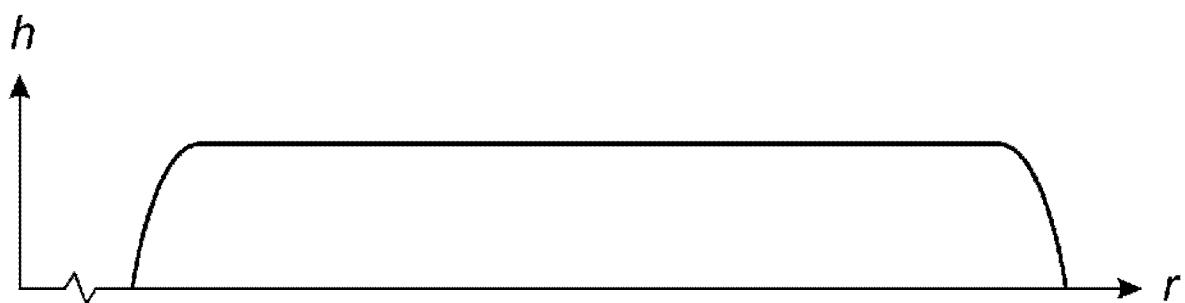


图 9a

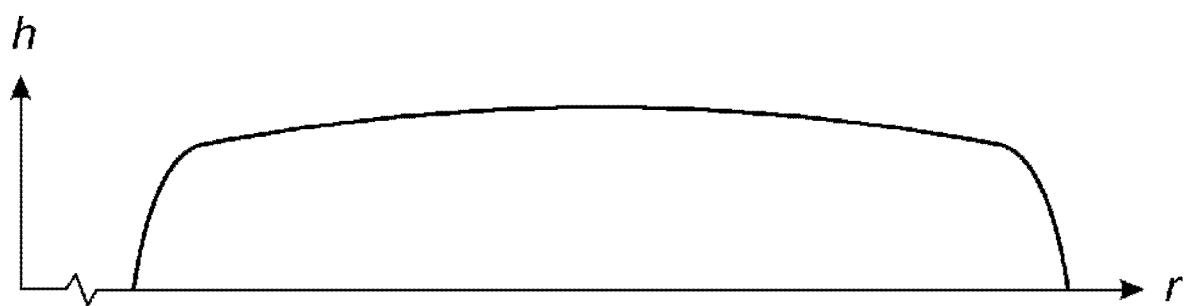


图 9b

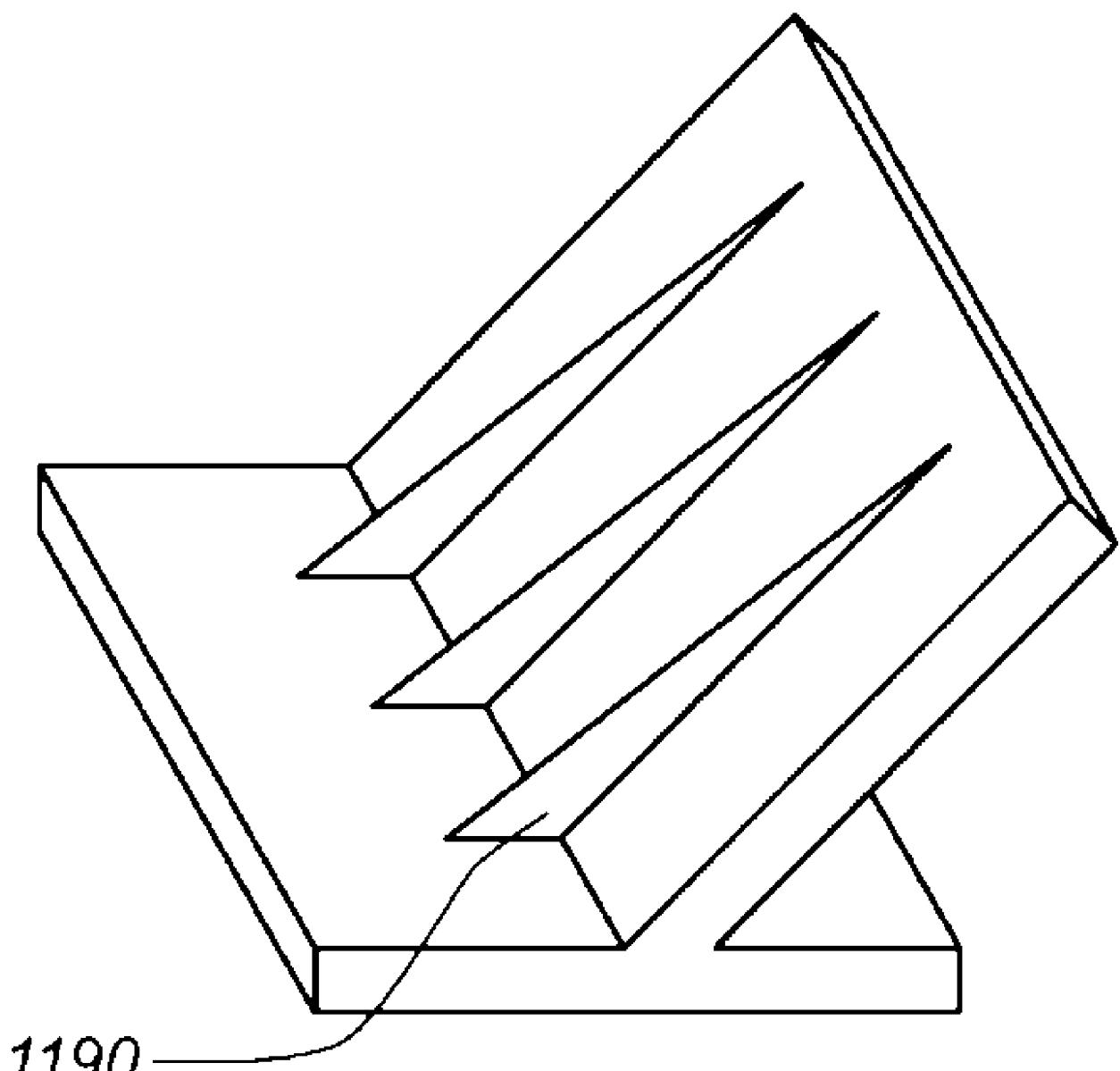


图 10

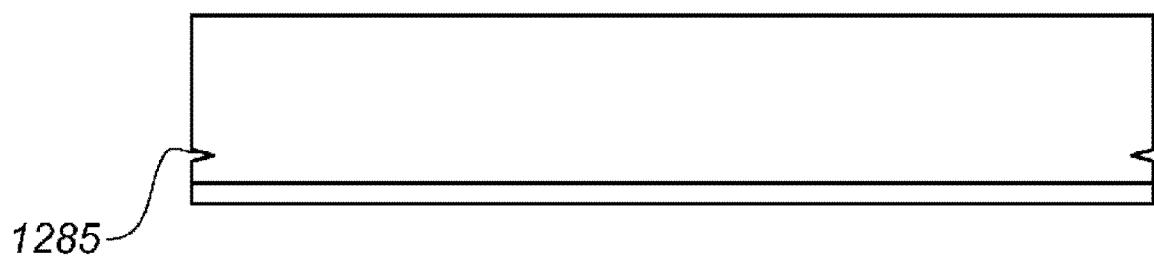


图 11