

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F03D 11/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610110047.9

[43] 公开日 2007 年 1 月 31 日

[11] 公开号 CN 1904355A

[22] 申请日 2006.7.31

[21] 申请号 200610110047.9

[30] 优先权

[32] 2005.7.29 [33] US [31] 11/193696

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 H · D · 德赖弗 S · 赫尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 周备麟 黄力行

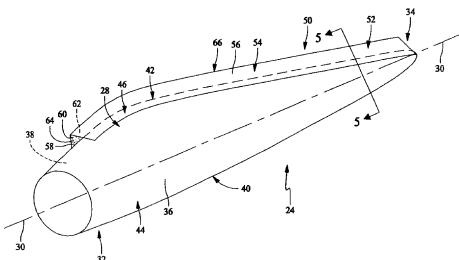
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 6 页

[54] 发明名称

在减小风力涡轮噪声的同时产生风能的设备
和方法

[57] 摘要

一种叶片(24)用的包括一主体(52)的后缘罩(50)，该主体(52)的构型做成安装在至少两个其尺寸和形状中的至少一个不同的叶片上，使得该主体至少部分地覆盖该叶片的一个原始后缘部分(46)。该主体有一个主体边缘部分(54)，用于当该主体安装在该叶片上时形成叶片的一个新后缘部分。



1. 一种叶片(24)的后缘罩(50)，所述后缘罩包括一个主体(52)，其构型做成安装在至少两个其尺寸和形状中的至少一个不同的叶片上，使得所述主体至少部分地覆盖该叶片的一个原始后缘部分(46)，所述主体有一个主体边缘部分(54)，用于当所述主体安装在该叶片上时形成该叶片的一个新后缘部分。

2. 一种按照权利要求1的后缘罩(50)，其特征在于，叶片(24)包括一个原始后缘(42)，所述主体边缘部分(54)的构型做成安装在该叶片上，使得所述主体(52)至少部分地覆盖该原始后缘，而所述主体边缘部分包括一个主体边缘(66)，用于当所述主体安装在该叶片上时形成该叶片的一个新的后缘。

3. 一种按照权利要求2的后缘罩(50)，其特征在于，所述主体边缘(66)包括一个曲面。

4. 一种按照权利要求2的后缘罩(50)，其特征在于，所述主体(52)用整张片材制成并被折皱而形成所述主体边缘(66)。

5. 一种按照权利要求1的后缘罩(50)，其特征在于，所述主体(52)用两张单独的片材制成。

6. 一种按照权利要求5的后缘罩(50)，其特征在于，所述两张单独的片材大体上邻近所述主体边缘部分(54)的一个主体边缘(66)而被粘合在一起。

7. 一种按照权利要求1的后缘罩(50)，其特征在于，所述主体边缘部分(54)的构型做成，当所述主体安装在叶片(24)上时，包括一个在所述主体边缘部分的高压侧(56)和低压侧(58)之间限定的第一厚度，所述第一厚度小于在该叶片的高压侧(36)和低压侧(38)之间限定的该叶片的原始后缘部分(46)的第二厚度。

8. 按照权利要求1的后缘罩(50)，其特征在于，所述主体(52)包括一种聚合物。

9. 一种按照权利要求8的后缘罩(50)，其特征在于，所述主体(52)包括一种聚酰亚胺。

10. 一种叶片(24)，包括：

一个有一前缘部分(44)和一原始后缘部分(46)的主体(28)；
以及

一个安装在所述主体上并至少部分覆盖所述原始后缘部分的后缘罩(50)，所述后缘罩包括：

一个形成所述主体的新后缘部分的边缘部分(54)；以及
至少一种厚度约为1密耳～100密耳，一种弹性模量约为0.5
GPa～5 Gpa的，以及一种聚合物。

在减小风力涡轮噪声的同时产生风能的设备和方法

发明领域

本发明总的涉及可用作风力涡轮转子叶片的叶片与使用这种叶片的转子和风力涡轮。

背景技术

一些已知的风力涡轮转子叶片可产生相当大的噪声，尤其在较高的转子速度时，这种噪声可以打扰人们和/或群体，如靠近该风力涡轮的居民社区。结果，负责批准设置风力涡轮的当局可能由于噪声水平而拒绝批准。例如，在世界的某些地方，批准风力涡轮的保证条件是以受风力涡轮影响或潜在影响的环境噪声冲击为基础的。

已知风力涡轮转子叶片产生的噪声的一个例子是由于边界层空气和后缘之间的相互作用而从叶片后缘产生的噪声。通常，较大的后缘厚度产生较高的噪声水平。但是，制造和运输后缘厚度减小的叶片而不损伤后缘可能是困难的。因此，某些已知的叶片包括一个分开的后缘部件，该部件覆盖和减小该后缘的厚度，该分开的后缘部件可以在将叶片运输到风力涡轮上后再安装在叶片上。但是，一些已知的分开的后缘部件可能并不安装成与叶片的外表面齐平。因此，虽然该分开的后缘部件可以减小叶片的厚度，但该分开的后缘部件和外表面之间的接缝可以增大由于边界层空气与接缝的相互作用而产生的噪声。一些已知的转子叶片利用设计成与特定的叶片形状大体上齐平地符合的定做的后缘部件。但是，这种定做的后缘部件可能只符合它们设计的该特定的叶片形状，因而只能增大具有不同形状的转子叶片的一组叶片涡轮的总费用。

发明概述

在一方面，一种用于叶片的后缘罩包括一个主体，该主体的构型做成安装在至少两个其尺寸和形状中的至少一个不同的叶片上，使得该主体至少部分地覆盖叶片的一个原始的后缘部分。当该主体安装在该叶片上时，该主体有一个用于形成该叶片的一个新的后缘部分的主

体边缘部分。

在另一方面，一种用于叶片的后缘罩包括一个主体，该主体的构型做成安装在该叶片上，使得该主体至少部分地覆盖该叶片的一个原始后缘部分。当该主体安装在该叶片上时，该主体包括一个用于形成该叶片的一个新的后缘部分的主体边缘部分。该主体还包括至少一个约 1 密耳~约 100 密耳的厚度、一个约 0.5 GPa~约 5 GPa 的弹性模量和一种聚合物。

在另一方面，一种叶片包括一个有一前缘部分和一原始后缘部分的主体和一个安装在该主体上的后缘罩。该后缘罩至少部分地覆盖该原始的后缘部分。该后缘罩包括一个形成该主体的一个新的后缘部分的边缘部分和至少一个约 1 密耳~约 100 密耳的厚度、一个约 0.5 GPa~约 5 GPa 的弹性模量和一种聚合物，并将该后缘罩安装在该叶片上，使得该后缘罩至少部分地覆盖该叶片的后缘部分。

附图简述

图 1 是一种风力涡轮的一个示范实施例的透视图。

图 2 是一种与图 1 中所示的风力涡轮一起使用的转子叶片的一个示范实施例的透视图。

图 3 是其上安装了一种后缘罩的一个示范实施例的图 2 中所示的示范的转子叶片的透视图。

图 4 是图 3 中所示的示范的后缘罩的透视图。

图 5 是图 3 中所示的示范的转子叶片和示范的后缘罩沿图 3 的线 5-5 截取的截面图。

图 6 是一种后缘罩的另一示范的实施例的透视图。

在所有各图中对应的标号表示对应的部件。

发明详述

如此处使用的，术语“叶片”预期指当处在相对于周围流体的运动中时能提供反作用力的任何部件。如此处使用的，术语“边缘”预期指由两个东西（如侧面、表面等）横交而成的一侧。此处使用的“边缘”可以包括曲面。如此处使用的，术语“后掠”指一根弹性轴线相对于叶片的俯仰轴线的角度，其中“弹性轴线”指在叶片的每个翼展

方向区段处限定一扭转中心或弯曲中心的点的轨迹。如此处使用的，术语“后缘”预期指由一个叶片的高压侧和低压侧的相交所形成的一侧。如此处使用的，术语“风力涡轮”预期指从风能产生转动能更具体地指将风的动能转换为机械能的任何构件。如此处使用的，术语“风力发电机”预期指从由风能产生的转动能来发电更具体地指将从风的动能转换的机械能转变为电力的风力涡轮。如此处使用的，术语“风车”预期指使用从风能产生的转动能更具体地指为除了发电以外的预定目的（如但不限于泵抽流体和/或碾碎物质）而使用从风的动能转换的机械能的风力涡轮。

现在参照附图尤其是图 1，标号 10 总的表示一个风力涡轮的示范实施例。此处描述和例示的风力涡轮包括一台用于从风能发电的风力发电机（总的用 12 表示）。但是，在一些实施例中，除了或代替风力发电机 12，风力涡轮可包括任何类型的风力涡轮，如（但不限于）一台风车（未示出）。而且，此处描述和例示的风力涡轮 10 包括一种水平轴线的构型。但是，在一些实施例中，除了或代替该水平轴线构型，风力涡轮 10 可包括一种垂直轴线构型（未示出）。虽然在图 1 中仅示出一台风力涡轮 10，但在某些实施例中，可以将多台风力涡轮 10 组合在一起，有时称之为“风力场”。

如图 1 中所示，在某些实施例中，风力发电机 12 安装在塔 14 上（图 1 中仅示出塔的一部分），但是，在某些实施例中，除了或代替塔上安装的风力发电机 12 外，风力涡轮 10 还包括一台靠近地面和/或水面的风力发电机（和/或其它类型的风力涡轮）。塔 14 的高度可以根据该技术中已知的因素和条件来选择。风力发电机 12 包括一个主体（总的用 16 表示，有时称为“吊舱”）和一个安装在主体上而围绕转动轴线 20 转动的转子（总的用 18 表示）。转子 18 包括一个轮毂 22 和多人从轮毂 22 沿径向向外伸出的叶片 24（有时称为“翼面”），用于将风能转变为转动能。此处描述和例示的转子 18 有三个叶片 24。但是，转子 18 可以有任何数目的叶片 24。每个叶片 24 可以有任何长度（不管此处是否描述）。例如，在某些实施例中，一个或多个叶片 24 长约 0.5 米，而在某些实施例中，一个或多个叶片 24 长约 50 米。叶片 24 长度的其它例子包括 10 米或更短、约 20 米、约 37 米和约 40 米。另外其它例子包括长度为 50~100 米的叶片。而且，不管图 1 中如何

例示叶片 24，转子 18 可以有任何形状的叶片，还可以有任何类型和/或任何构型的叶片，不管这种形状、类型和/或构型是否在这里描述和/或例示过。转子 18 的叶片 24 的另一类型、形状和/或构型的一个例子是一种有管道的转子（未示出），管道内有一涡轮（未示出）。转子 18 的叶片 24 的另一类型、形状和/或构型的另一例子是一种达里 (darrieus) 式风力涡轮，有时称为“打蛋器”涡轮。转子 18 的叶片 24 的另一类型、形状和/或构型的又一例子是一种萨沃尼 (savonious) 式风力涡轮。转子 18 的叶片 24 的另一类型、形状和/或构型的又一例子是一种抽水用的传统风车，如（但不限于）有木制风门和/或纤维织品帆的四叶片转子。而且，在某些实施例中，风力涡轮 10 可以是一种其中转子 18 大体上面向逆风来利用风能的风力涡轮和/或可以是一种其中转子 18 大体上面向顺风来利用风能的风力涡轮。当然，在任何实施例中，转子 18 可以不准确地面向逆风和/或顺风，但可以相对于风的方向大体上成任何角度（该角度可以变化）而从其利用能量。

风力发电机 12 包括一台安装在主体 16 上的发电机（未示出），它操作上连接在转子 18 上，用以从由转子 18 产生的转动能产生电力。发电机从转子 18 的转动能产生电力的一般操作在该技术中是已知的，因而这里不再详细地描述。

在某些实施例中，风力涡轮 10 可以包括一个或多个安装在主体 16 上的控制器（未示出），它们在操作上连接在风力发电机 12 的一些或全部部件上，用以大体上控制风力发电机 12 和/或其一些或全部部件（不管这些部件是否在这里描述和/或例示过）。例如，这些控制器可用于全系统的监测和控制，包括，例如，俯仰 (pitch) 和速度调节、高速轴和摇动 (yaw) 制动器的应用、摇动和泵电动机的应用以及故障监测。在某些实施例中可以使用另外分布或定中心的控制结构。在某些实施例中，风力发电机 12 可以包括一个安装在主体 16 上的制动器（未示出），用以制动转子 18 的转动，以便（例如）减少发电机的发电。其次，在某些实施例中，风力发电机 12 可以包括一个摇动驱动器（未示出），用于使风力发电机 12 围绕转动轴线 26 转动，以改变转子 18 的摇动，尤其是改变转子 18 面对的方向，从而例如调整转子 18 面对的方向和风的方向之间的角度。而且，在某些实施例中，风力发

电机 12 可以包括一个用于测量风速的风速计（未示出）。在某些实施例中，该风速计可以在操作上连接在控制器上，以便向控制器发送测量值，从而对其进行处理。在某些实施例中，风力发电机 12 包括一个用于测量风向的风向叶板（未示出）。在某些实施例中，该风向叶板可以在操作上连接到控制器和/或摇动驱动器上，以便改变转子 18 的摇动。在某些实施例中，风力发电机 12 包括一个可变的叶片俯仰驱动器（未示出），用于控制转子叶片 24 的俯仰。该可变的叶片俯仰驱动器可以在操作上连接到控制器上，以便由此控制。在某些实施例中，叶片 24 的俯仰由叶片俯仰驱动器单个地控制。风力涡轮 10 尤其是风力发电机 12 的一般操作在该技术中是已知的，因而这里不再更详细地描述。

现在参照图 2，叶片 24 的一个示范实施例包括沿中心轴线 30 延伸在安装于轮毂 22（图 1）上的根部 32 和尖端 34 之间的主体 28。主体 28 包括一个高压侧 36 和一个低压侧 38，每个延伸在前缘 40 和后缘 42（有时称为“原始后缘”）之间。每个前缘 40 和后缘 42 是通过高压侧 36 和低压侧 38 之间的相交而形成的。主体 28 的大体上邻近前缘 40 的部分大体上形成主体 28 的前缘部分（总的用 44 表示），而主体 28 的大体上邻近后缘 42 的部分大体上形成主体 28 的后缘部分（总的用 46 表示，有时称为“原始后缘部分”）。

现在参照图 3~5，一个后缘罩 50 的示范实施例安装在叶片 24 上（图 3 和 5）。后缘罩 50 包括一个安装在叶片 24 上的主体 52，它至少部分地覆盖叶片 24 的后缘部分 46（图 3 和 5），由此（例如）从后缘罩 50 的主体 52 的边缘部分 54 形成一个叶片 24 的新的后缘部分。如下面将更详细地描述的，与叶片 24 的原始后缘部分 46 的厚度相比较，叶片 24 的新后缘部分的厚度可以减小。这样一种减小的厚度可以有利于减小在叶片操作期间由叶片 24 产生的噪声，这将在下面更详细地描述。

后缘罩 50 的主体 52 包括高压侧 56 和低压侧 58。这两侧中的任何一侧均可称为第一侧或第二侧。高压侧 56 安装在叶片 24 的高压侧 36（图 3 和 5）上，而低压侧 58 安装在叶片 24 的低压侧 38（图 3 和 5）上。虽然高压侧 56 和低压侧 58 可以用其它方式、方法、形式、构型和/或其它机构安装在叶片 24 上，但在该示范的实施例中，高压侧 56 和/或低压侧 58 分别利用合适的胶粘剂 60（图 3 和 4）安装在高压侧

36 和低压侧 38 上。例如，在某些实施例中，高压侧 56 的内表面 62 和/或低压侧 58 的内表面 64 其上包括一种例如有一背衬纸（未示出）的胶粘剂，在叶片 24 上安装罩 50 之前除去背衬纸。

在此处例示的示范实施例中，后缘罩 50 大体上跨越叶片 24 长度的大部分。但是，罩 50 不限于此处例示的尺寸、形状和/或位置。相反，罩 50 可以是任何尺寸、任何形状和/或安置在叶片 24 的任何部分上，但至少部分地覆盖叶片 24 的原始后缘部分 46。例如，在某些实施例中，罩 50 并不跨越叶片 24 长度的大部分。在某些实施例中，罩 50 的一些部分或全部可以覆盖叶片 24 的邻近尖端 34（图 3）的原始后缘部分 46，以便于减小由邻近尖端 34 的叶片 24 所产生的噪声。

主体 52 的一个边缘 66 由高压侧 56 和低压侧 58 之间的相交而形成。主体 52 至少部分地覆盖叶片 24 的后缘 42，使得边缘 66 形成叶片 24 的新后缘。在某些实施例中，边缘 66 包括一个大体上“尖锐的”侧边，如图 3~5 中所示。如图 6 中所示，在某些实施例中，边缘 66 包括一个曲面。应当理解，即使是大体上“尖锐的”的侧边也可以有一些曲率。

后缘罩 50 的主体 52 可以用任何方式、形式、方法、构型和/或任何机构制造。例如，在某些实施例中，主体 52 的形状是利用激光、水和/或冲模从一材料切割而成。在某些实施例中，主体 52 用整张片材折合而形成边缘 66。在某些实施例中，主体 52 用分开的两张或多张片材预先切割而后例如用适当的胶粘剂粘合在一起。在某些实施例中，这样的两张或多张单独的片材可以大体上邻近主体 52 的边缘 66 而粘合在一起。例如，单独的片材之间的粘合可以有利于形成边缘 66。

主体 52 可以包括具有此处相对于其描述的一种或多种性能（如但不限于厚度、弹性模量等）的任何材料。虽然主体 52 可以包括其它材料，但在某些实施例中，主体 52 包括一种聚合物。例如，虽然主体 52 可以包括其它聚合物，但在某些实施例中，主体 52 包括一种聚酰亚胺，如（但不限于）可从美国俄亥俄州 Circleville 市的杜邦高性能材料公司买到的杜邦卡普顿[®]（Dupont Kapton[®]）。而且，例如，虽然主体 52 可以包括其它聚合物，但在某些实施例中主体 52 包括聚酯。其次，例如，虽然主体可以包括其它聚合物，但在某些实施例中主体 52 包括聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）。再次，例如，虽然主体 52 可以包括

聚合物，但在某些实施例中，主体 52 包括聚醚醚酮（PEEK）。

虽然主体 52 可以有其它厚度，但在某些实施例中，主体 52 的厚度 t （图 4）为约 1 密耳~约 100 密耳。在示范的实施例中，主体 52 的厚度 t 在整个主体 52 中大体上均匀。在某些实施例中，主体 52 并非在整个主体中大体上均匀。例如，在某些实施例中主体 52 在邻近边缘 66 处大体上更厚。

虽然主体 52 可以包括其它的弹性模量值，但在某些实施例中，主体 52 的弹性模量为约 0.5 Gpa ~ 5 Gpa。在某些实施例中，主体 52 的弹性模量在整个主体 52 中大体上均匀。在某些实施例中，主体 52 的弹性模量并非在整个主体中大体上均匀。

如上所讨论的，现在参照图 5，从罩 50 的边缘部分 54 形成的叶片 24 的新后缘部分的厚度 T_1 可以比叶片 24 的原始后缘部分 46 的厚度 T_2 小。例如，在示范的实施例中，从罩 50 的边缘部分 54 形成的叶片 24 的新后缘部分的厚度 T_1 被限定为在高压侧 56 和低压侧 58 之间。在该示范的实施例中，叶片 24 的原始后缘部分 46 的厚度 T_2 被限定为在高压侧 36 和低压侧 38 之间。如可从图 5 中看到的，沿由罩 50 的边缘部分 54 形成的叶片 24 的新后缘部分的大体上翼弦方向的长度截取的厚度 T_1 每个小于沿叶片 24 的原始后缘部分的大体上翼弦方向的长度截取的厚度 T_2 。因此，由罩 50 的边缘部分 54 形成的叶片 24 的新后缘部分的截面积小于叶片 24 的原始后缘部分 46 的截面积。厚度 T_1 和厚度 T_2 的任何一个（不管此处是否例示过）在此处都可以称为第一和/或第二厚度。

通过提供叶片 24 的后缘部分的减小的厚度，罩 50 的后缘减小了叶片 24 在其操作期间所产生的噪声量，例如（但不限于）叶片 24 的后缘部分产生的噪声。例如，后缘罩 50 的边缘 66 的减小厚度可以减小叶片 24 下游的分离的流量，并因而可以（例如）减小有时称为“钝头后缘噪声”的噪声。

后缘罩 50 的主体 52 的构型做成安装在多于一个的不同尺寸和/或不同形状的叶片 24 上，如（但不限于）后掠式叶片、直叶片、扭曲叶片等。例如，由于主体 52 的厚度、弹性模量、材料种类和/或其它性能（不管这里是否描述过），主体 52 具有允许主体 52 符合叶片 24 的各种不同尺寸和/或不同形状的后缘部分 46 的灵活性，由此从罩 50 的

边缘部分 54 产生叶片 24 的一个新的后缘部分。而且，例如，除了或代替侧候车室 56 和 58 的一般灵活性以外，可以通过使罩 50 围绕其边缘 66 弯曲而改变侧边 56 和 58 之间的角度而有利于罩 50 符合叶片 24 的各种不同尺寸和/或不同形状的后缘部分 46。其次，例如，可以通过罩 50 相对于叶片 24 的位置（如但不限于侧边 56 和/或 58 分别叠合侧边 36 和/或 38 的量）而有利于罩 50 符合叶片 24 的各种不同尺寸和/或不同形状的后缘部分 46。在某些实施例中，可以选择主体 52 的厚度、弹性模量、材料种类和/或其它性能（不管这里是否描述过）而有利于提供此处描述的灵活性而仍然保持足够的强度，以利于防止侧边 56 和/或 58 在风力负荷下的折皱、振动和/或总体变形。在某些实施例中，一个或多个支架（未示出）支承侧边 56 和/或 58，以利于防止侧边 56 和侧边 58 在风力负荷下的折皱、振动和/或总体变形。例如，在某些实施例中，可以将泡沫塑料安置在罩 50 和叶片的原始后缘部分 46 之间，以便至少部分地填充其间的空间，用以支承侧边 56 和/或侧边 58。

罩 50 符合叶片 24 的各种不同尺寸和/或不同形状的后缘部分 46 可以有利于减少一组具有不同尺寸和/或不同形状的叶片 24 的风力涡轮的总费用，因为客户不可能为每个不同尺寸和/或不同形状的叶片 24 而制造后缘部件。而且，这种符合各种不同尺寸和/或不同形状的后缘部分 46 可以有利于在风力涡轮上安置的叶片上产生新的后缘部分的后缘部件的增大和可用性。此外，此处描述的主体 52 的厚度和材料种类可以有利于减少叶片 24 的费用和/或叶片 24 的重量，和/或可以有利于提高叶片 24 的空气动力学效率。其次，此处描述的主体 52 的厚度有利于减少主体 52 和叶片 24 之间产生的接缝，由此可能减小从邻近该接缝的叶片 24 所产生的和由于该接缝而产生的噪声量。

此处相对于一台风力涡轮（更具体地说，是一台风力发电机）描述和例示了本发明的叶片、罩和方法的实施例。但是，本发明的叶片、罩和方法的实施例（不管此处是否描述和/或例示过）不限于风力发电机，也不限于一般的风力涡轮。相反，本发明的叶片、罩和方法的实施例（不管此处是否描述和/或例示过）可以应用于含有一个或多个叶片的任何物件。

这里详细地描述和/或例示了本发明的示范实施例。这些实施例不

限于此处描述的特定实施例，相反，每个实施例的部件和步骤可以与
此处描述的其它部件和步骤无关地独立使用。每个实施例的部件和步
骤也可以与其它实施例（不管此处是否描述和/或例示过）的部件和/
或步骤组合使用。

当引入本发明的实施例的部件时，冠词“一个”、“该”和“所
述”预期指有一个或多个该部件。术语“包括”、“包含”和“具有”
预期被包括在内，并指除了列举的部件外还可以有额外的部件。而且，
相对于某些构件使用术语“部分”预期该物件的一部分或全部。

虽然已经按照各种特定实施例来描述了本发明，但该技术的专业
人员将会理解，可以在权利要求书的范围和精神之内通过修改来实施
本发明的实施例（不管此处是否描述和/或例示过）。

部件清单

10	风力涡轮
12	风力发电机
14	塔
16	主体
18	转子
20	转动轴线
22	轮毂
24	转子叶片
26	转动轴线
28	叶片主体
30	中心轴线
34	尖端
36	高压侧
38	低压侧
40	叶片前缘
42	叶片后缘
44	叶片前缘部分
46	叶片后缘部分
50	后缘罩
52	后缘罩主体
54	主体边缘部分
56	高压侧
58	低压侧
60	胶粘剂
62	内表面
64	内表面
66	主体边缘

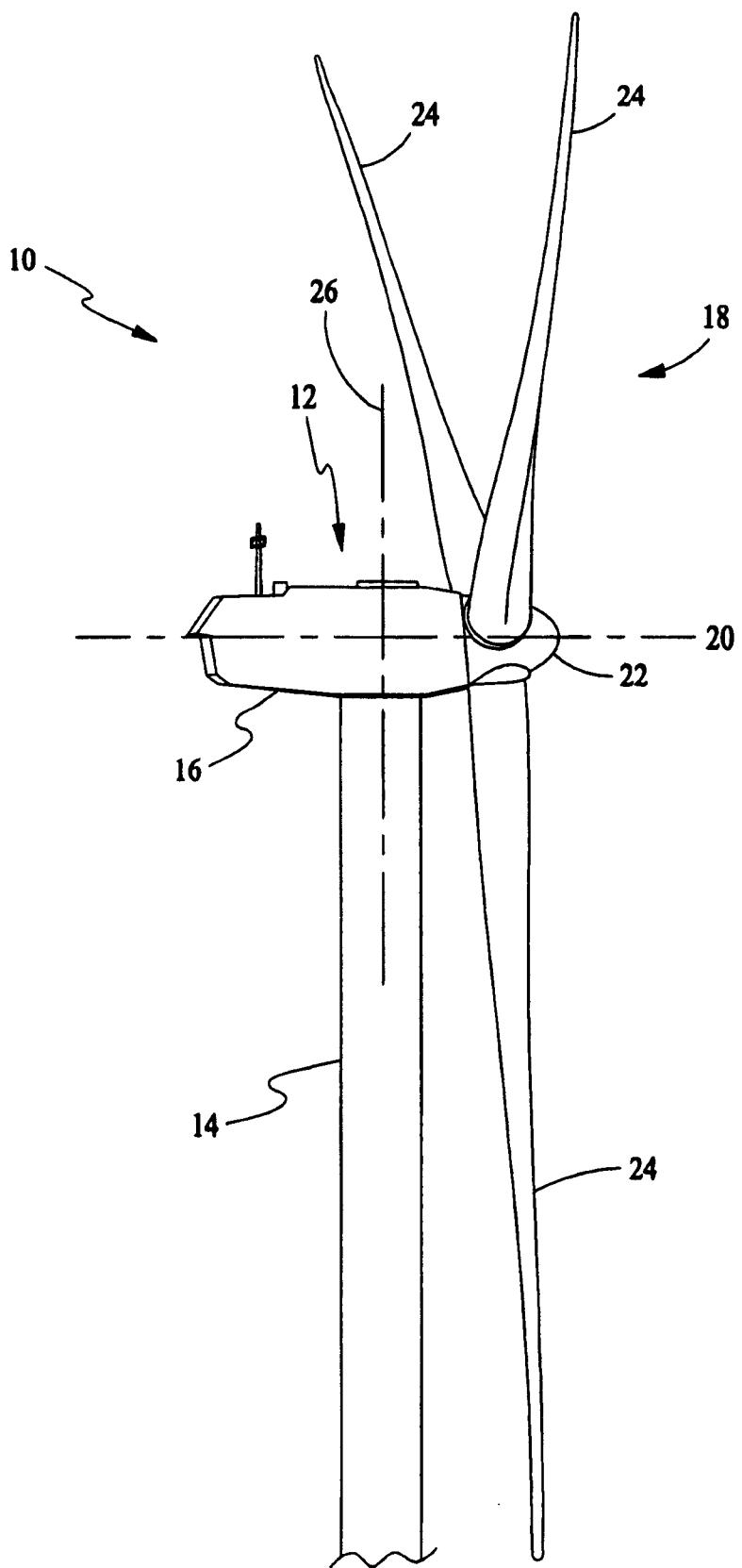


图 1

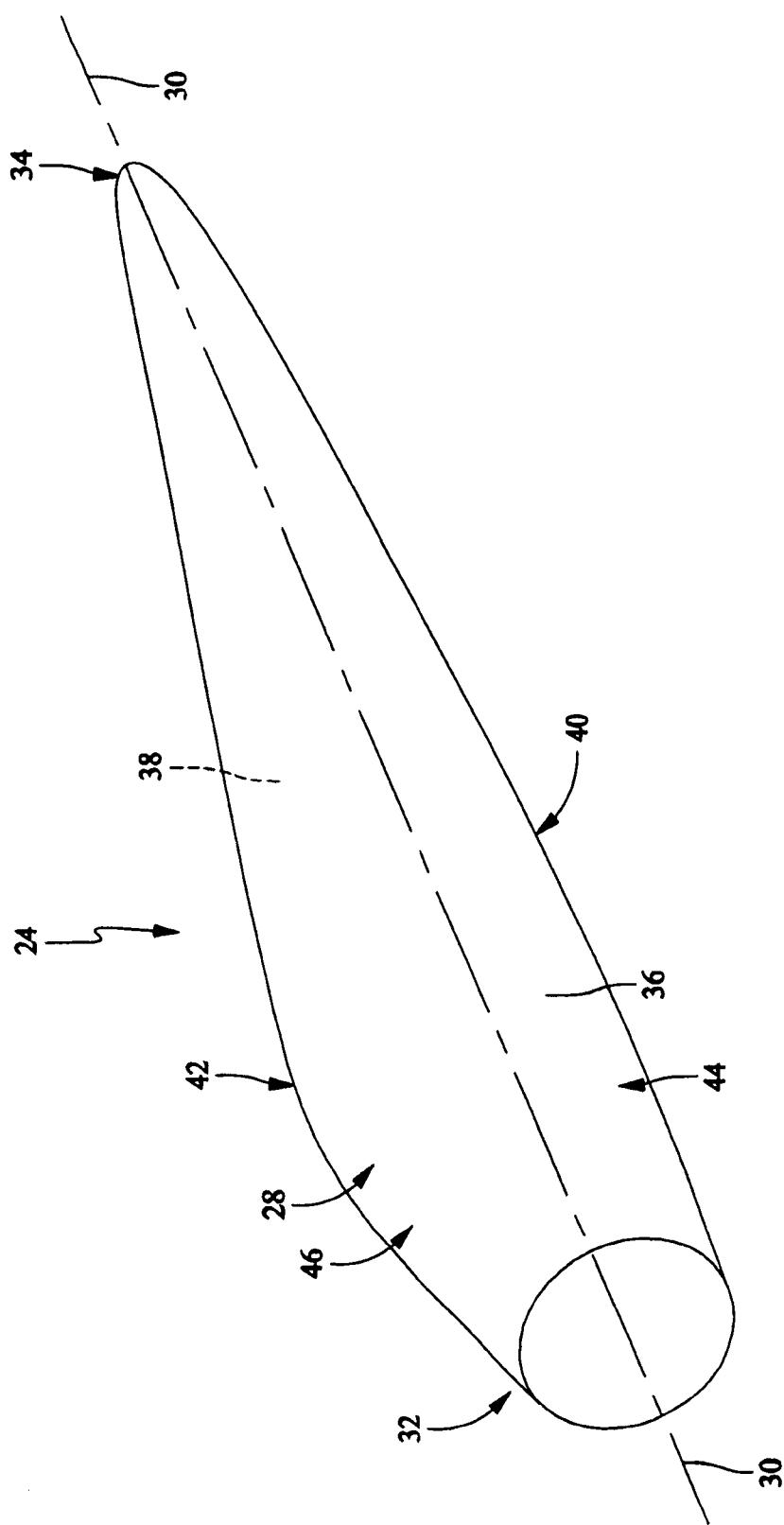


图 2

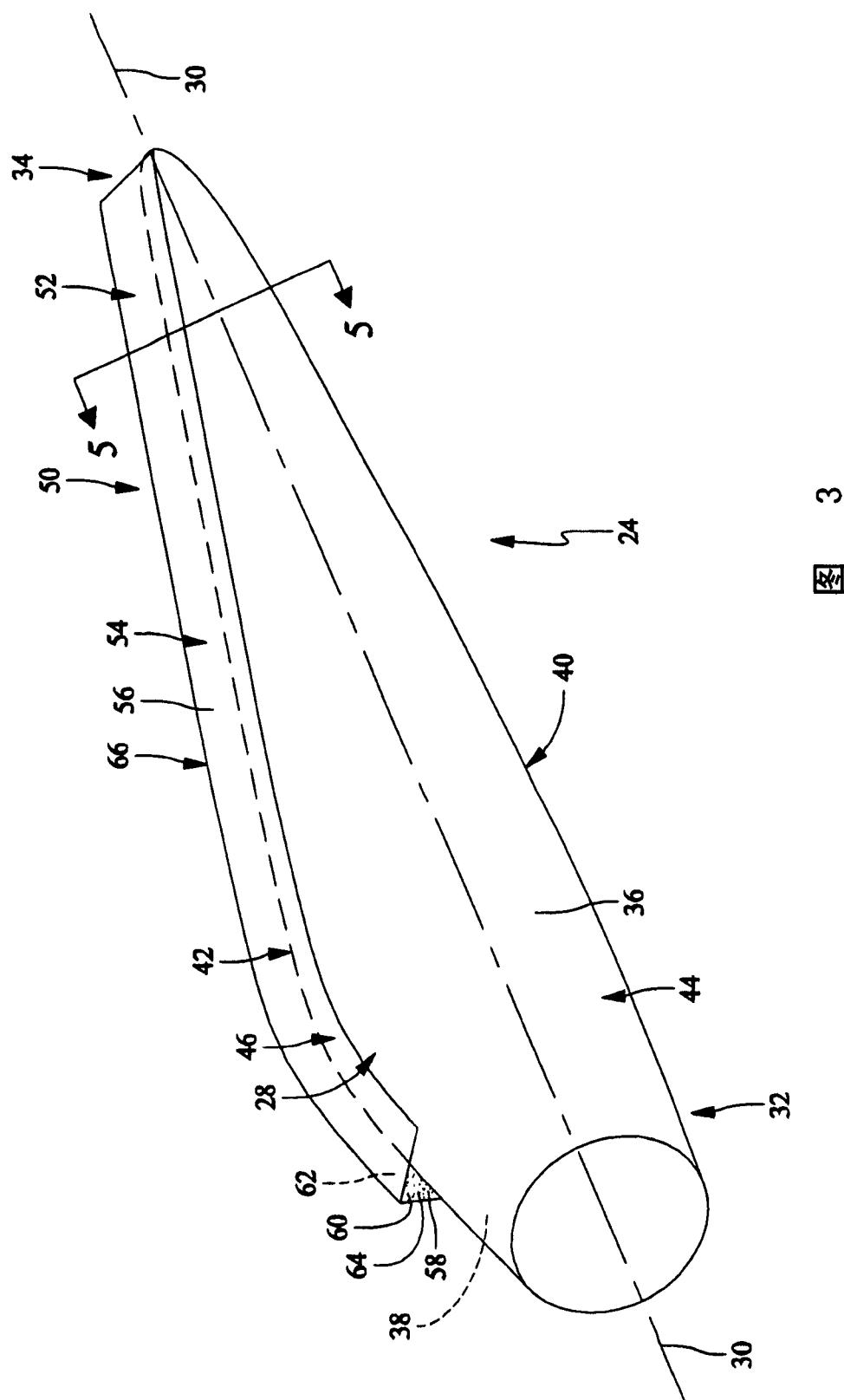
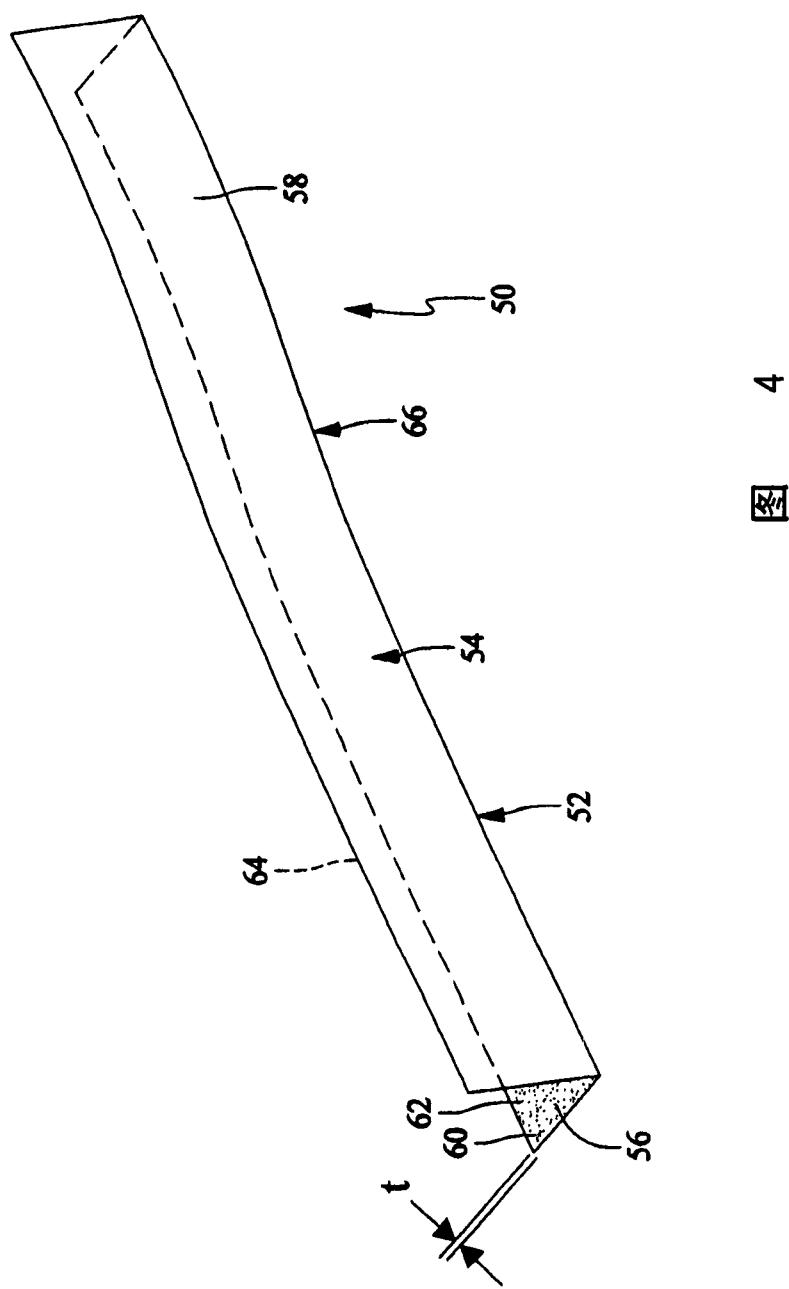


图 3



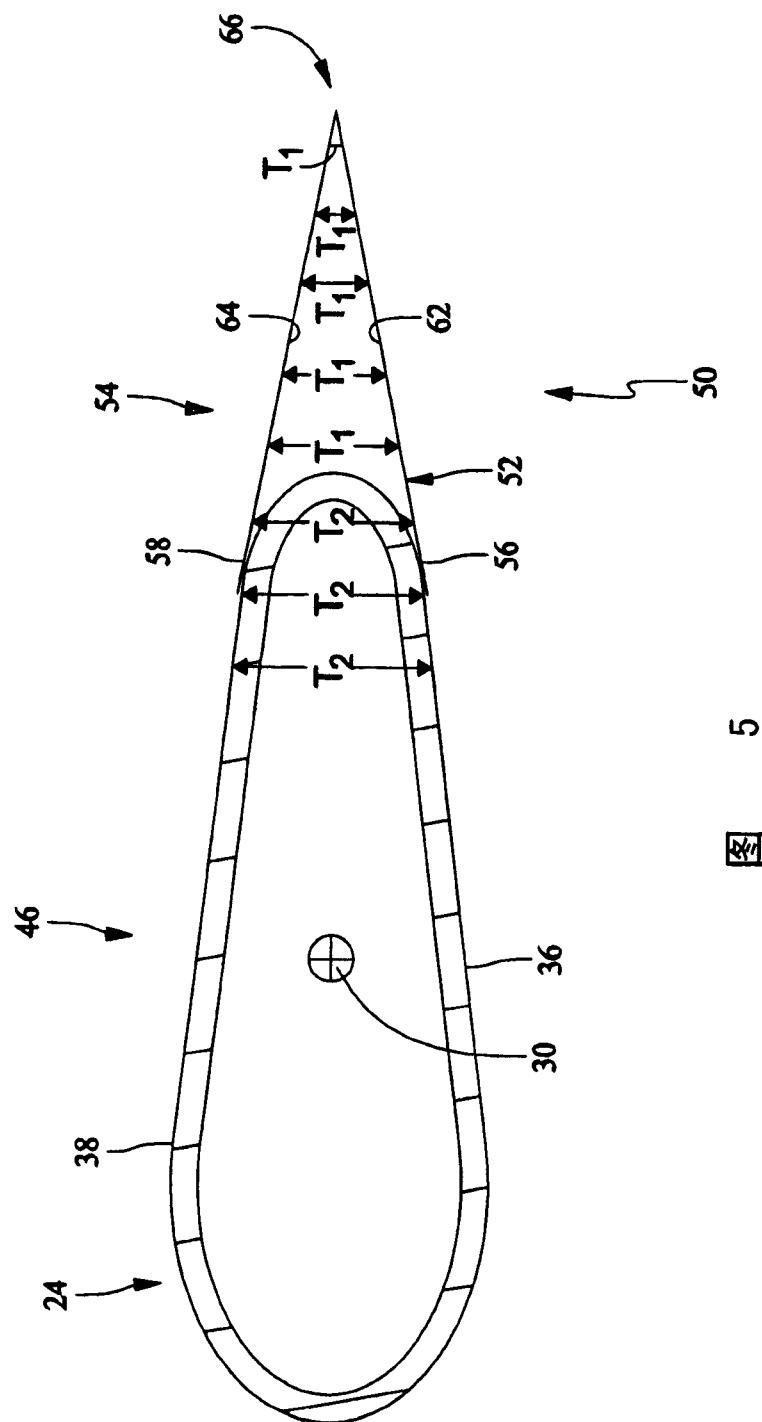


图 5

