



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101220799 B

(45) 授权公告日 2011.12.14

(21) 申请号 200810002433.5

(22) 申请日 2008.01.07

(30) 优先权数据

07000617.6 2007.01.12 EP

(73) 专利权人 西门子子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 佩德·B·埃尼沃尔德森

索伦·约尔特

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 谢强

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 0015961 A1, 2000.03.23,

WO 2006122547 A1, 2006.11.23,

EP 1674723 A2, 2006.06.28,

R. P. J. O. M. VAN ROOIJ, W. A. TIMMER.

审查员 孙中勤

ROUGHNESS SENSITIVITY CONSIDERATIONS FOR THICK ROTOR BLADE AIRFOILS. 《JOURNAL OF SOLAR ENERGY ENGINEERING》. NEW YORK NY US, 2003, 第 125 卷 (第 4 期), 468-478.

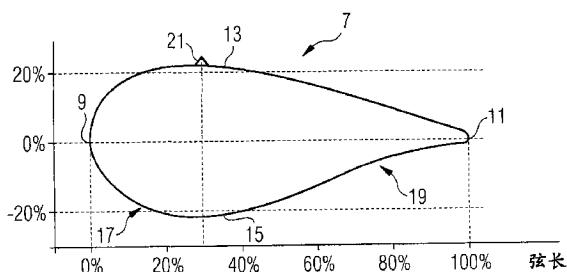
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

具有扰流器的风轮机转子叶片

(57) 摘要

本发明涉及一种具有翼(5)的风轮机叶片(1)，所述翼(5)具有吸入侧(13)和压力侧(15)。翼(5)包括内翼部(7)和外翼部(6)，内翼部(7)比外翼部(6)略厚，且其设有扰流器(21)。内翼部(7)的厚度介于内翼部(7)的弦长的30%和80%之间，并且扰流器(21)位于内翼部(7)的吸入侧(13)从翼部(7)的前缘(9)量起的8%到12%弦长之处之间。



1. 一种风轮机转子叶片 (1), 其具有翼 (5), 所述翼 (5) 具有吸入侧 (13) 和压力侧 (15), 且包括内翼部 (7) 和外翼部 (6), 该内翼部 (7) 比该外翼部 (6) 略厚, 该内翼部 (7) 的厚度处于该内翼部 (7) 的弦长的 30% 和 80% 之间, 并且该内翼部 (7) 设有扰流器 (21、21'、21") , 其特征在于 :

所述扰流器 (21, 21', 21") 位于该内翼部 (7) 的吸入侧 (13) 从该翼部 (7) 的前缘 (9) 量起的 8% 和 12% 弦长处之间。

2. 根据权利要求 1 所述的风轮机转子叶片 (1), 其特征在于 : 所述内翼部 (7) 的厚度在弦长的 40% 到 65% 之间。

3. 根据权利要求 1 所述的风轮机转子叶片 (1), 其特征在于 : 所有的扰流器处在相同弦长之处。

4. 根据权利要求 1 所述的风轮机转子叶片 (1), 其特征在于 : 所述扰流器处在沿着所述内翼部 (7) 的整个跨度上。

5. 具有至少一个根据上述权利要求中任一项所述的转子叶片 (1) 的风轮机。

具有扰流器的风轮机转子叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有扰流器的风轮机转子叶片以及具有至少一个这种转子叶片的风轮机。

背景技术

[0002] 现有技术的风轮机转子叶片的状态例如在 EP1314885A1 中描述。这种叶片包括具有柱形截面的叶根、转子毂和具有气动形截面的翼部，其中，转子叶片由所述叶根固定。

[0003] 通常将翼部名义上细分成相对较厚的内翼部和相对较薄的外翼部，其中，内翼部位于叶根和外翼部之间。

[0004] 在 EP1314885A1 中公开的风轮机转子叶片设有位于内翼部吸入侧的扰流器。

[0005] 由 WO02/08600A1 中已知在风轮机转子叶片上靠近毂部的扰流器。此外，在 WO00/15961 以及 EP0947693A2 中也描述了对扰流器的使用。

[0006] 在 Van Rooij, R. P. J. O. M. ;Timmer, W. A. 发表于 Journal of Solar Energy Engineering(太阳能工程期刊, 第 125 卷, 第 4 期, 2003 年 11 月, 第 468–478 页, XP00807970 美国纽约) 的“Roughness sensitivity consideration for thick rotorblade airfoils”(“厚转子叶片翼的粗糙敏感性”) 和 Peter Fuglsang, Christian Bak, 在马德里的 2003 EWEC 的范本, 第 7 卷, 第 2 期, 2004 年 5 月 24 日, 第 145–162 页, XP002436915 John Wiley&Sons 有限公司) 的“Development of the Risø WindTurbine Airfoils”(“Risø 风轮机翼的进展”) 中, 描述了厚度为弦长的 25% –40.1% 之间的不同风轮机转子叶片。转子叶片配备有扰流器, 该扰流器位于翼的吸入侧从翼前缘量起的 20% 或 30% 弦长处。

[0007] 在所提及的现有技术中, 描述了为了改进风轮机转子叶片的气动特性而使用扰流器。然而, 扰流器的最优位置取决于很多参数。因此, 不能期望扰流器在转子叶片外翼部的最优位置一定也是该扰流器在转子叶片内翼部的最优位置。然而, 与外翼部相比, 尤其是转子叶片的内翼部具有降低的气动特性。原因在于涡轮机转子叶片的内部需要承担整个叶片的负荷。这意味着为了使转子叶片获得足够的刚性而会受到很多设计限制。与外翼部相比, 内翼部气动特性的减少降低了风轮机的整体效率。因此期望改进内翼部的气动特性。

发明内容

[0008] 考虑到前面所述的, 本发明所要解决的技术问题是提供一种改进的具有扰流器的风轮机转子叶片, 该扰流器布置成能同时获得足够的气动特性和高负荷的支承。

[0009] 本发明所要解决的另一技术问题是提供一种改进的风轮机。

[0010] 第一个技术问题是通过根据权利要求 1 所述的风轮机转子叶片加以解决的, 而第二个技术问题是通过根据权利要求 6 所述的风轮机加以解决的。从属权利要求限定了本发明的进一步发展。

[0011] 一种本发明的风轮机转子叶片, 其包括具有吸入侧和压力侧的翼。所述翼还包括

内翼部和外翼部，其中内翼部比外翼部略厚。此外，内翼部设有扰流器。在本发明的风轮机转子叶片中，内翼部的厚度介于内翼部弦长的30%和80%之间。扰流器位于内翼部吸入侧从翼部的前缘测量起的8%和12%弦长处之间。

[0012] 与具有相当的内翼部气动特性的现有技术转子叶片相比，本发明的风轮机转子叶片提供了改进的刚性。高的刚性是通过介于40%和80%弦长之间的极厚的内翼部实现的。然而，较厚的叶片通常与较低的气动特性有关。在本发明中，通过将扰流器布置在厚的内翼部的吸入侧上，克服了极厚翼部的较低气动特性。因此，内翼部的极端厚度和合适布置的扰流器的组合使风轮机转子叶片能在内翼部上具有高刚性，并且同时具有满意的气动特性。到目前为止，扰流器对极厚叶片的使用还是未知的。即使在扰流器靠近叶根布置的W002/08600A1中，带有扰流器的翼部也并不是厚的翼部。

[0013] 通过介于40%和65%弦长之间的厚度，还可以使风轮机转子叶片内翼部获得足够的强度。

[0014] 为了达到扰流器的最大效果，有利的是当扰流器存在于沿着内翼部的整个跨度上时。所有的扰流器可以布置在相同弦长之处。应当注意的是，本发明并不排除在较薄的外翼部中使用扰流器。

[0015] 一种本发明的风轮机转子，其包括至少一个根据本发明的转子叶片。特别是风轮机的所有转子叶片，例如三叶片风轮机转子的全部三个转子叶片，都是根据本发明的转子叶片。

附图说明

[0016] 下面根据对本发明实施例的说明并结合附图将使本发明的其它特征、特性和优点变得清楚。

[0017] 图中：

[0018] 图1显示了风轮机转子叶片在叶片跨度和叶片弦长所限定的平面上的平面图。

[0019] 图2显示了通过图1所示的叶片外翼部的弦向截面。

[0020] 图3显示了根据本发明的第一实施例、通过图1所示的叶片内翼部的弦向截面。

[0021] 图4显示了根据本发明第二实施例、通过图1所示的叶片内翼部的弦向截面。

[0022] 图5显示了根据本发明第三实施例、通过图1所示的叶片翼部的弦向截面。

[0023] 图6显示了作为气流迎角的函数的本发明的转子叶片所达到的升力系数。

[0024] 图7显示了作为气流迎角的函数的本发明的转子叶片的阻力系数。

具体实施方式

[0025] 图1显示了通常用在三叶片转子中的风轮机叶片。然而，本发明不限于三叶片转子的叶片。实际上，它也可以应用在其它转子中，例如单叶片转子或双叶片转子、甚至用在多于三叶片的转子中。

[0026] 图1所示的转子叶片1包括柱形的叶根3和形成叶片的最外部分的尖端2。叶根3的柱形轮廓用于将叶片1固定到转子毂的轴承上。转子叶片1还包括所谓的叶肩4，其由叶片最大轮廓深度——也就是它的最大弦长的位置限定。

[0027] 翼5沿着所谓的跨度（图1中点划线）在叶根3与尖端2之间延伸。翼5可以名

义上细分成薄的外翼部 6 和厚的内翼部 7。由于薄翼部和厚翼部之间的界线没有公知的定义,因此如果翼部厚度与弦长的比值大于 30%,本发明就认为该翼部是厚的。

[0028] 在图 2 中显示了沿着线 I-I 通过转子叶片的薄翼部 6 的弦向截面。图 2 所示的翼部的气动轮廓包括凸起的吸入侧 13 和凸起得较少的压力侧 15。从叶片前缘 9 延伸到其后缘 11 的点划线表示该轮廓的弦。虽然图 2 中压力侧 15 包括凸起部分 17 和凹入部分 19,它也能在根本没有凹入部分的情况下实施,只要吸入侧 13 比压力侧 15 更凸就行。

[0029] 在图 3 中显示了本发明第一实施例的、沿着图 1 中的线 II-II 通过转子叶片的厚翼部 7 的弦向截面。厚翼部横截面的大体形状与薄翼部横截面的大体形状相应,因此不再详细描述。此外,用相同的附图标记来标示与图 2 的截面中所示的元件相对应的图 3 的截面的元件。

[0030] 图 3 中所示的厚翼部的截面与图 2 中所示的薄翼部的截面之间的主要差别在于:轮廓的最大厚度与轮廓弦长之间的比值大于 30%,而图 2 所示轮廓的相应比值小于 30%,所述的轮廓最大厚度是由垂直于弦向从吸入侧 13 到压力侧 15 的最长直线来限定的。

[0031] 在根据第一实施例的厚翼部的截面中还显示出了扰流器 21,按照所测得的那样,所述扰流器 21 位于吸入侧 13 从前缘 9 量起的 25% 到 30% 弦长之处之间。

[0032] 在图 4 和图 5 中显示了在厚翼部的吸入侧 13 上的扰流器 21'、21" 的可选位置。除扰流器的位置外,图 3 至图 5 所示的截面形状相同。在图 4 所示的横截面中,扰流器 21' 位于大约 18% -22% 弦长之处,而图 5 所示的横截面中,扰流器 21" 位于 8% 和 12% 弦长之处之间。

[0033] 应当注意的是,扰流器的最优位置可以改变,这取决于轮廓的厚度与弦长的比值以及横截面的整体形状。然而,对于厚度与弦长的比值在 30% 和 80% 之间,尤其是对于比值在 40% 和 65% 之间的范围内的厚翼部,如果扰流器位于 5% 和 30% 弦长之处之间的范围内,则非常有利。

[0034] 在图 6 中显示了在图 3 至图 5 所示的位置处的扰流器 21、21'、21" 对风轮机叶片 1 的升力的影响。图中显示了作为气流迎角 (AOA) 函数的涡轮叶片 1 的升力系数 c_1 ,气流迎角也就是从转子叶片 1 的前缘 9 所见的、弦与相对气流之间的角度。总而言之,较高的升力系数提高了涡轮叶片的效率。

[0035] 线 A 是对没有任何扰流器的风轮机叶片的升力系数的测量结果。线 B、C 和 D 显示了具有扰流器的涡轮叶片的结果,所述扰流器位于厚翼部的吸入侧在图 3(B)、图 4(C) 和图 5(D) 所示的位置。除了扰流器的存在和各自的位置之外,所有的四个涡轮叶片相同。

[0036] 从图 6 可以容易地看出,一旦气流迎角大于大约 3 度,处在厚翼部的扰流器就增加了升力系数。随着气流迎角提高,不同风轮机转子叶片的升力系数再次汇合。在具有图 3 所示的扰流器的转子叶片 B 的情形下,升力系数 c_1 对于大于约 15 度的迎角与不具任何扰流器的转子叶片 A 差不多相同。在具有在如图 4 所示位置的扰流器的风轮机叶片 C 的情形下,升力系数 c_1 对于大于约 18 度的迎角差不多与不具扰流器的转子叶片相同。在扰流器位于图 5 所示位置的情况下,风轮机转子叶片的升力系数 c_1 在较宽的迎角范围内(即在大约 3 度和 23 度之间)明显高于没有有扰流器的转子叶片 A 的升力系数。因此,叶片 D 代表本发明特别有利的实施例。

[0037] 作为普遍趋势,可以注意到,当扰流器的位置朝着轮廓的前缘移动时,叶片的最大

升力系数朝着较高迎角移动。此外，升力系数 c_l 的最大值相应增加。

[0038] 图 7 显示了图 6 所示的四个叶片的阻力系数 c_d 。在这四个叶片 A、B、C、D 之间的阻力系数 c_d 的差别不如升力系数 c_l 之间的差别显著。尽管在从 3 度迎角范围到 23 度迎角的范围内的不同叶片之间的升力系数 c_l 强烈不同，但叶片的阻力系数可能仅仅在从大约 3 度迎角到大约 12 度迎角之间才有较大差别。对于具有扰流器的转子叶片，在该范围中的阻力的减少是由扰流器所造成的脱流延迟 (delay in stall) 引起的。

[0039] 基于对应图 3 至图 5 所示的不同扰流器结构的升力系数 c_l 和阻力系数 c_d 的差别，计算出全年能量产额 (AEP)。与不具有扰流器的涡轮叶片 (叶片 A) 相比较，图 3 所示的扰流器结构的全年能量产额可以增加大约 1 个百分点，图 4 所示的扰流器结构可以增加大约 1.5 个百分点，而图 5 所示的扰流器结构可以增加大约 1.7 个百分点。

[0040] 虽然扰流器的主要优点是改进能量产额，但也可以实现其它优点。如图 6 的升力系数的下降所代表的那样，升力的下降对于塔上的负荷非常重要。通过将下降移到其它迎角，可以影响塔的动态负荷。此外，通过参照图 7 所讨论的脱流延迟可以降低由转子产生的噪音。

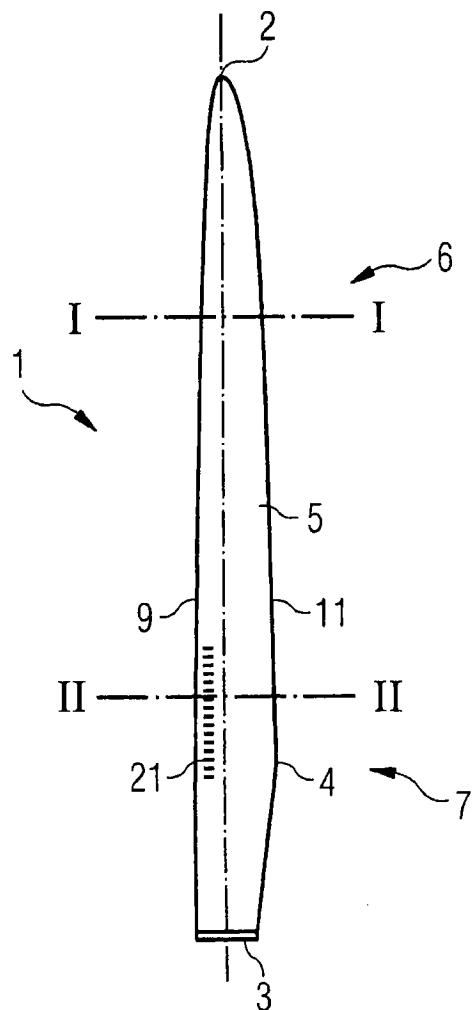


图 1

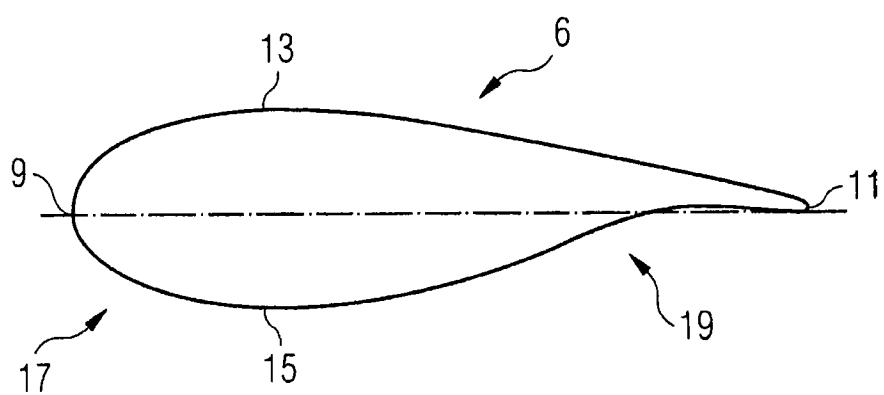


图 2

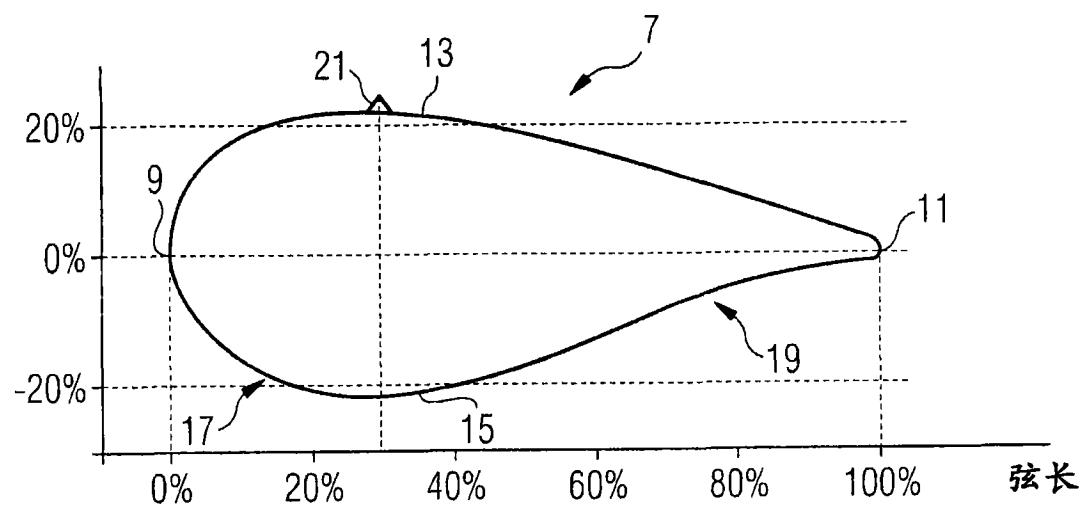


图 3

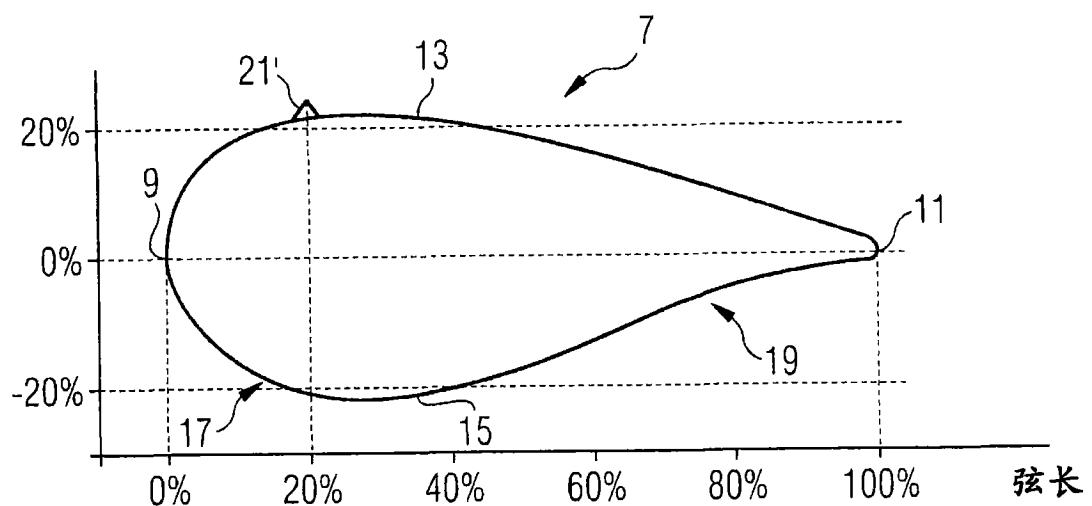


图 4

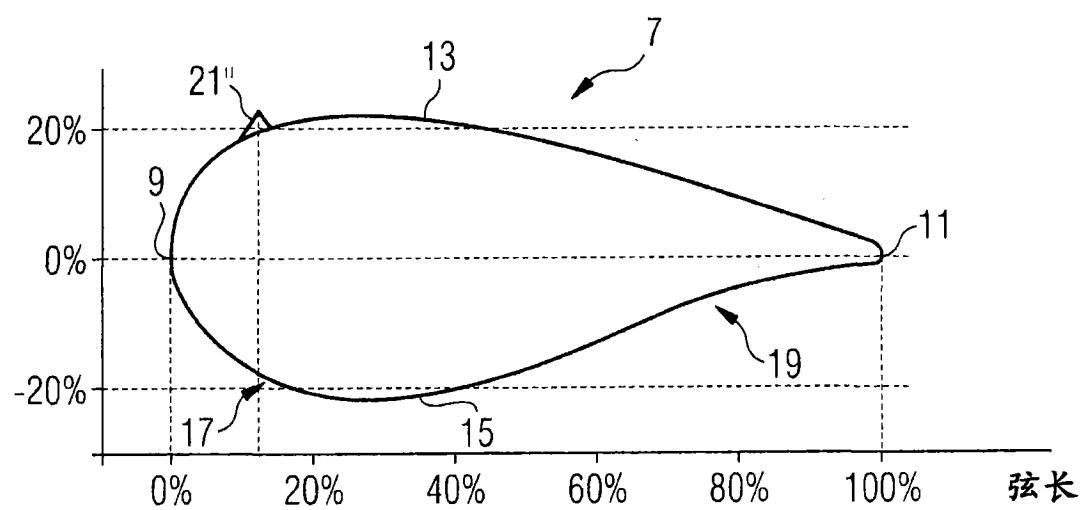


图 5

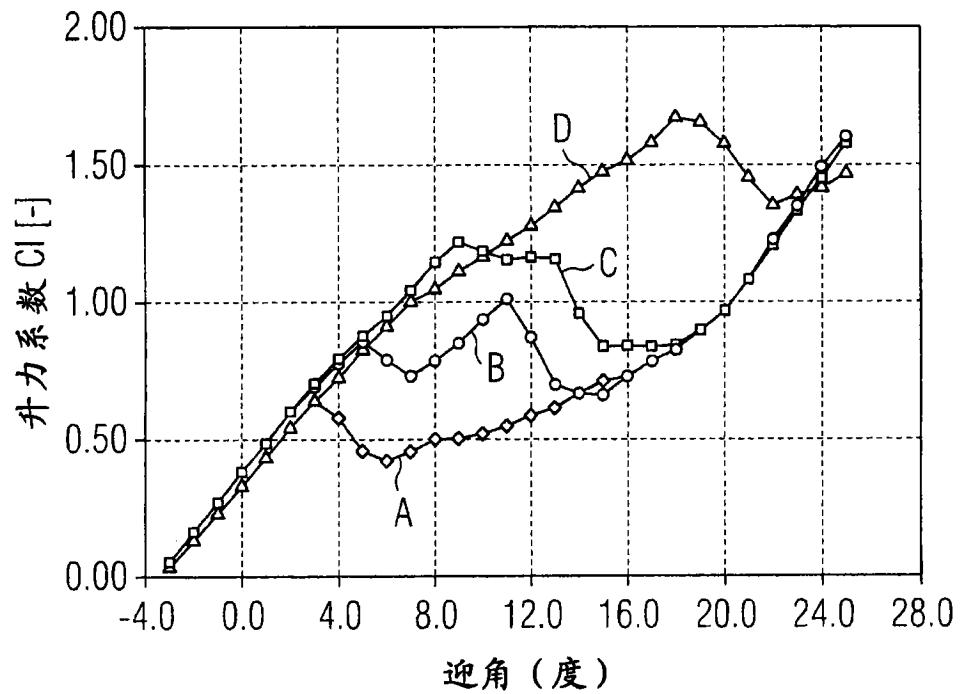


图 6

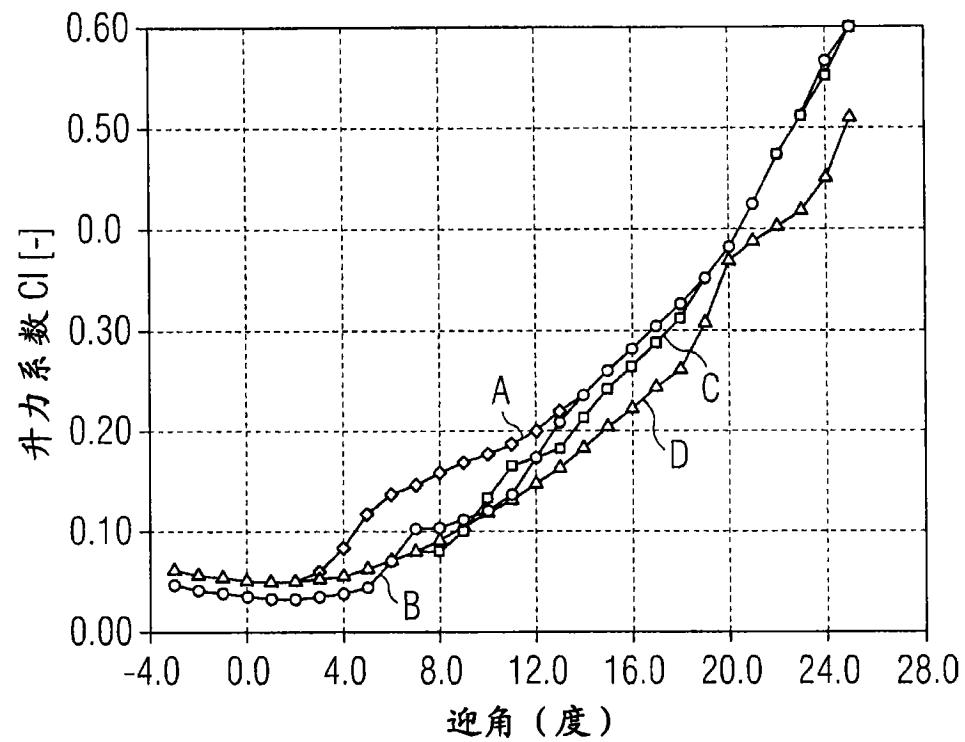


图 7