



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102767469 B

(45)授权公告日 2017.12.12

(21)申请号 201210142002.5

(22)申请日 2012.04.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102767469 A

(43)申请公布日 2012.11.07

(30)优先权数据
1273/DEL/2011 2011.04.30 IN

(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 K·U·克格勒 S·赫尔
R·维杜拉

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001
代理人 周心志 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F03D 1/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 1732340 A, 2006.02.08,
CN 100392240 C, 2008.06.04,
JP 2009299641 A, 2009.12.24,
KR 20110012448 A, 2011.02.09,

审查员 孙中勤

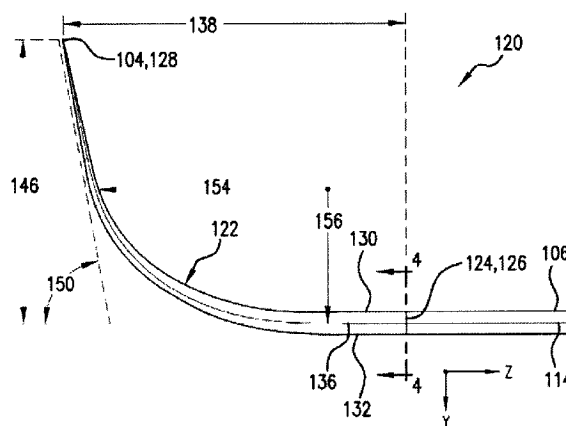
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

用于风力涡轮机转子叶片的小翼

(57)摘要

本发明涉及并公开一种用于转子叶片的小翼。该小翼可以大体上包括在第一端部和第二端部之间延伸的小翼主体。该小翼主体可以限定扫掠并且可以具有由曲线拟合限定的曲率,其中曲线拟合包括第一曲率半径和第二曲率半径。第一端部和第二端部之间的扫掠可以在从大约580毫米至大约970毫米的范围内。另外,第一曲率半径可以在从大约1500毫米至大约2500毫米的范围内并且第二曲率半径可以在从大约1200毫米至大约2000毫米的范围内。



1. 一种用于转子叶片(100)的小翼(120),包括:

在第一端部(124)和第二端部(128)之间延伸的小翼主体(122),所述小翼主体(122)限定扫掠(144)并且具有由曲线拟合限定的曲率,所述曲线拟合包括第一曲率半径(154)和第二曲率半径(156),

其中在所述第一端部(124)和所述第二端部(128)之间限定的所述扫掠(144)在从580毫米至970毫米的范围内,

其中所述第一曲率半径(154)在从1500毫米至2500毫米的范围内并且所述第二曲率半径(156)在从1200毫米至2000毫米的范围内。

2. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼主体(122)还限定弦(118),在所述第一端部(124)处的所述弦(118)在从750毫米至1260毫米的范围内。

3. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼主体(122)还限定弦(118),在所述第二端部(128)处的所述弦(118)在从35毫米至200毫米的范围内。

4. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼主体(122)还限定束角(152),在所述第二端部(128)处的所述束角(152)在从0.62度至1.04度的范围内。

5. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼主体(122)还限定展向半径(138)和预弯曲部分(146),所述小翼主体(122)的包括预弯曲部分(146)的那部分的所述展向半径(138)在从1500mm至2500mm的范围内。

6. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼主体(122)还限定扭角(148),在所述第二端部(128)处的所述扭角(148)在从-6.7度至-11.3度的范围内。

7. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼(120)还限定倾斜角(150),在所述第二端部(128)处的所述倾斜角(150)在从64度至108度的范围内。

8. 根据权利要求1所述的小翼(120),其特征在于,所述小翼主体(122)还限定预弯曲部分(146),在所述第一端部(124)和所述第二端部(128)之间限定的所述预弯曲部分(146)在从1500毫米至3450毫米的范围内。

9. 一种用于转子叶片(100)的小翼(120),包括:

小翼主体(122),所述小翼主体在第一端部(124)和第二端部(128)之间延伸并且在所述第一端部(124)和所述第二端部(128)之间包括多个径向位置,

径向位置	展向半径 (mm)	弦 (mm)	扭角 (度)
1	0.00	1007.60	-1.48
2	782.00	977.00	-1.63
3	891.00	973.48	-1.63
4	1000.00	969.96	-1.63
5	1235.73	954.20	-1.63
6	1536.45	917.18	-1.62
7	1848.06	857.10	-1.66
8	2166.64	778.10	-1.94
9	2472.62	684.93	-2.68
10	2734.41	579.91	-3.58
11	2914.99	468.99	-5.02
12	2982.63	355.71	-6.52
13	3007.78	244.21	-7.81
14	3032.94	138.63	-8.70
15	3056.15	50.00	-9.00

所述小翼主体(122)根据如上表中所示的弦(118)的值的 $\pm 25\%$ 范围内和扭角(148)的值的 ± 2.5 度范围内限定在所述多个径向位置的每一处的弦(118)和扭角(148)。

10. 根据权利要求9所述的小翼(120),其特征在於,所述小翼主体(122)还限定倾斜角(150),在所述第二端部(128)处的所述倾斜角(150)在从64度至108度的范围内。

11. 根据权利要求9所述的小翼(120),其特征在於,所述小翼主体(122)还限定预弯曲部分(146),在所述第一端部(124)和所述第二端部(128)之间限定的所述预弯曲部分(146)在从1500毫米至3450毫米的范围内。

12. 根据权利要求9所述的小翼(120),其特征在於,所述小翼主体(122)还限定展向半径(138)和预弯曲部分(146),所述小翼主体(122)的包括预弯曲部分(146)的那部分的所述展向半径(138)在从1500mm至2500mm的范围内。

13. 根据权利要求9所述的小翼(120),其特征在於,所述小翼(120)还限定扫掠(144),在所述第一端部(124)和所述第二端部(128)之间限定的所述扫掠(144)在从580毫米至970毫米的范围内。

14. 根据权利要求9所述的小翼(120),其特征在於,所述小翼(120)还限定束角(152),在所述第二端部(128)处的所述束角(152)在从0.62度至1.04度的范围内。

15. 一种用于转子叶片(100)的小翼(120),包括:

小翼主体(122),所述小翼主体(122)根据表1中所示的值限定在沿着所述小翼主体(122)的多个径向位置处的横截面轮廓,所述横截面轮廓被联结,从而限定所述小翼主体(122)的标称形状,

表1

径向位置	展向半径		变桨轴线 (%弦)	扫掠 (mm)	预弯曲部分		倾斜角 (度)	束角 (度)
	(mm)	弦 (mm)			扭角 (度)	(mm)		
1	0.00	1007.60	0.31	0.00	0.00	-1.48	0.00	0.00
2	782.00	977.00	0.31	0.00	0.00	-1.63	0.00	0.00
3	891.00	973.48	0.31	0.00	0.00	-1.63	0.00	0.00
4	1000.00	969.96	0.31	0.00	0.00	-1.63	0.00	0.00
5	1235.73	954.20	0.31	4.19	22.94	-1.63	0.12	0.00
6	1536.45	917.18	0.30	28.71	70.74	-1.62	4.75	0.03
7	1848.06	857.10	0.30	75.63	156.29	-1.66	12.93	0.09
8	2166.64	778.10	0.30	142.65	301.76	-1.94	24.18	0.17
9	2472.62	684.33	0.30	226.03	523.24	-2.68	37.88	0.26
10	2734.41	579.91	0.30	319.39	823.85	-3.58	53.56	0.37
11	2914.99	468.99	0.30	413.82	1188.87	-5.02	70.98	0.47
12	2982.63	355.71	0.30	500.09	1584.82	-6.52	86.36	0.57
13	3007.78	244.21	0.30	580.93	1981.94	-7.81	86.36	0.67
14	3032.94	138.63	0.30	657.69	2376.83	-8.70	86.36	0.75
15	3056.15	50.00	0.30	722.40	2741.33	-9.00	86.36	0.83

其中所述标称形状位于如上表中所提供的每个长度值的 $\pm 10\%$ 内、表1中所提供的倾斜角(150)的每个值的 ± 20 度内以及表1中所提供的束角(152)和扭角(148)的每个值的 ± 1 度内的包络中。

用于风力涡轮机转子叶片的小翼

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及用于风力涡轮机的转子叶片,并且更特别地,涉及用于风力涡轮机的转子叶片的小翼。

背景技术

[0002] 风力被认为是目前可用的最清洁、最环境友好的能源之一,并且风力涡轮机在这方面获得的关注增加。现代风力涡轮机典型地包括塔架、发电机、齿轮箱、机舱和一个或多个转子叶片。转子叶片使用已知的翼型原理从风捕获动能,并且通过旋转能量传输动能以旋转轴,其中轴将转子叶片联接到齿轮箱或直接联接到发电机(如果不使用齿轮箱的话)。发电机然后将机械能转换为可以调度到公用电网的电能。

[0003] 为了保证风力成为切实可行的能源,已设法通过修改风力涡轮机的尺寸、配置和容量来增加能量输出。一种这样的修改是在风力涡轮机的每个转子叶片的尖端包括翼尖装置,例如小翼。然而,常规小翼的使用常常产生许多缺点。例如,许多常规小翼被配置成吸力侧小翼,由此减小了转子叶片和风力涡轮机的塔架之间的间隙。另外,许多常规小翼被设计成仅仅减小风力涡轮机所产生的噪声。因而,这些小翼通常不对风力涡轮机的性能和效率产生总体影响。

[0004] 因此,大体上改善风力涡轮机的总体性能和效率的压力侧小翼在本领域中将是受欢迎的。

发明内容

[0005] 本发明的方面和优点将部分地在以下描述中进行阐述,或者可以从该描述变得明显,或者可以通过本发明的实施而获悉。

[0006] 在一个方面中,本发明公开了一种用于转子叶片的小翼。该小翼可以大体上包括在第一端部和第二端部之间延伸的小翼主体。该小翼主体可以限定扫掠并且可以具有由曲线拟合限定的曲率,该曲线拟合包括第一曲率半径和第二曲率半径。在第一端部和第二端部之间的扫掠可以在从大约580毫米至大约970毫米的范围内。另外,第一曲率半径可以在从大约1500毫米至大约2500毫米的范围内并且第二曲率半径可以在从大约1200毫米至大约2000毫米的范围内。所述小翼主体还限定展向半径,在所述第一端部和所述第二端部之间限定的所述展向半径在从大约2000毫米至大约3750毫米的范围内。所述小翼主体还限定扭角,在所述第一端部处的所述扭角在从大约-1.1度至大约-1.9度的范围内。

[0007] 在另一个方面中,本发明公开了一种用于转子叶片的小翼。该小翼可以大体上包括在第一端部和第二端部之间延伸的小翼主体。该小翼主体在第一端部和第二端部之间可以包括多个径向位置并且可以大体上根据表1中所示的弦和扭角的值限定在多个径向位置的每一处的弦和扭角。表1中所示的弦的值的每一个可以变化 $\pm 25\%$ 并且表1中所示的扭角的值的每一个可以变化 ± 2.5 度。所述小翼主体具有由曲线拟合限定的曲率,所述曲线拟合具有第一曲率半径和第二曲率半径,所述第一曲率半径在从大约1500毫米至大约2500

毫米的范围内并且所述第二曲率半径在从大约1200毫米至大约2000毫米的范围内。

[0008] 在又一个方面中,本发明公开了一种用于转子叶片的小翼。该小翼可以大体上包括小翼主体,该小翼主体大体上根据表1中所示的值限定在沿着小翼主体的多个径向位置处的横截面轮廓。横截面轮廓可以被联结,从而限定小翼主体的标称形状。另外,标称形状位于表1中所提供的每个长度值的 $\pm 10\%$ 内、表1中所提供的倾斜角的每个值的 ± 20 度内以及表1中所提供的束角和扭角的每个值的 ± 1 度内的包络中。所述标称形状位于表1中所提供的每个长度值的 $\pm 5\%$ 内、表1中所提供的倾斜角的每个值的 ± 20 度内以及表1中所提供的束角和扭角的每个值的 ± 0.5 度内的包络中。

[0009] 参考以下描述和附带的权利要求,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解。包含在该说明书中并且构成该说明书的一部分的附图示出了本发明的实施例,并且与该描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0010] 参考附图,在说明书中阐述了本发明的针对本领域技术人员的完整和可实现的公开(包括其最佳模式),在附图中:

[0011] 图1示出了常规构造的风力涡轮机的一个实施例的透视图;

[0012] 图2示出了根据本发明的适合用于图1中所示的风力涡轮机的转子叶片的一个实施例的透视图,特别地示出了包括小翼的转子叶片;

[0013] 图3示出了图2中所示的小翼的后缘视图;

[0014] 图4示出了图3中所示的小翼在线4-4处获得的展向视图;

[0015] 图5示出了图3中所示的小翼的特定横截面轮廓的局部横截面图;以及

[0016] 图6示出了图4中所示的小翼沿着线6-6获得的俯视、横截面图。

[0017] 附图标记列表:

[0018]

10	风力涡轮机	116	翼展
12	塔架	118	弦
14	机舱	120	压力侧小翼
16	转子叶片	122	小翼主体
18	转子毂	124	第一端部
100	转子叶片	126	界面
102	叶片根部	128	第二端部
104	叶片尖端	130	(小翼的)压力侧
106	主体	132	(小翼的)吸力侧

[0019]

108	(主体的)压力侧	134	(小翼的)前缘
110	(主体的)吸力侧	136	(小翼的)后缘
112	(主体的)前缘	138	展向半径
114	(主体的)后缘	140	弦
148	扭角	142	变桨轴线

150	倾斜角	144	扫掠
152	束角	146	预弯曲部分
154	曲率半径 (R _i)	160	四分之一 (25%) 弦位置
156	曲率半径 (R _i)	162	四分之一 (25%) 弦位置
158	距离-变桨轴线		

具体实施方式

[0020] 现在将详细地参考本发明的实施例,所述实施例的一个或多个例子在附图中示出。提供每个例子用于解释本发明而不是限制本发明。实际上,本领域的技术人员将显而易见的是,可以在本发明中做出各种修改和变化而不脱离本发明的范围或精神。例如,作为一个实施例的一部分示出或描述的特征可以用于另一个实施例以产生又一个实施例。因此,旨在:本发明涵盖落在附带的权利要求及其等效物的范围内的这样的修改和变化。

[0021] 总体上,本发明公开了一种用于风力涡轮机转子叶片的小翼。特别地,本发明公开了具有独特几何形状的压力侧小翼。例如,在若干实施例中,所述小翼可以由一个或多个设计参数限定,所述设计参数包括但不限于展向半径、弦、变桨轴线、扫掠、预弯曲部分、扭角、倾斜角、束角和曲率半径。通过使用这样的设计参数并且使用在这样的设计参数内特定范围的值限定所述形状,已发现所公开的小翼可以大体上改善风力涡轮机的总体性能和效率。

[0022] 现在参考附图,图1示出了常规构造的风力涡轮机10。风力涡轮机10包括塔架12,在所述塔架上安装有机舱14。多个转子叶片16安装到转子毂18,所述转子毂又连接到转动主转子轴的主凸缘。风力涡轮机的发电和控制部件容纳在机舱14内。仅仅为了举例说明的目的而提供图1的视图以将本发明置于用途的示例性领域中。应当领会本发明不限于任何特定类型的风力涡轮机配置。

[0023] 参考图2,示出了根据本发明适合用于风力涡轮机10(图1)的转子叶片100的一个实施例的透视图。如图所示,转子叶片100大体上包括叶片根部102和相对于叶片根部102布置的叶片尖端104,其中,叶片根部102被配置成用于将转子叶片100安装到风力涡轮机10(图1)的转子毂18。转子叶片100的主体106可以大体上从叶片根部102朝着叶片尖端104延伸并且可以用作转子叶片100的外壳。正如通常所理解的,主体106可以例如通过限定对称的或弯曲的翼形状横截面而限定空气动力学轮廓,以使用已知的空气动力学原理使转子叶片100能够从风捕获动能。因而,主体106可以大体上包括在前缘112和后缘114之间延伸的压力侧108和吸力侧110。另外,转子叶片100可以具有翼展116和弦118,其中,翼展116限定叶片在叶片根部102和叶片尖端104之间的总长度,弦118限定主体106在前缘112和后缘114之间的总长度。如通常所理解的,当转子叶片100在叶片根部102和叶片尖端104之间延伸时,弦118在长度上相对于翼展116可以变化。

[0024] 而且,如下面将更详细地所述,转子叶片100也可以包括终止于叶片尖端104的压力侧小翼120。应当理解,在若干实施例中,小翼120可以被制造为独立于主体106的部件,并且因此可以配置成使用本领域中已知的任何合适的手段和/或方法(例如,通过使用合适的紧固件和/或粘合剂)而被安装到主体106。因而,可以例如通过去除现有转子叶片的邻近叶片尖端104的一部分并且用所公开的小翼120替换这样的被去除部分,将改进的小翼120装

备到现有的转子叶片100上。备选地,小翼120和主体106可以一体地形成单一部件。例如,在一个实施例中,小翼120和主体106可以在共同模具中铸造在一起。

[0025] 仅仅为了参考的目的,应当领会在本说明书中所参考的X、Y和Z方向大体上可以被限定为用于常规直转子叶片(即,不具有小翼并且未被扫掠、预弯曲或扭转等的转子叶片)的典型的方向轴线。因此,沿着平行于转子叶片100的翼展116延伸的直线(由图2、图3和图4中所示的轴线指示)限定Z方向。沿着垂直于Z轴线延伸的直线(由图2、图4和图5中所示的轴线指示)限定X方向,使得假设转子叶片100具有直转子叶片配置,X轴线在主体106的前缘112和后缘114之间延伸。沿着垂直于Z轴线和X轴线延伸的直线(由图2、图3和图4中所示的轴线指示)限定Y方向,使得假设转子叶片100具有直转子叶片配置,Y轴线在主体106的压力侧108和吸力侧110之间延伸。另外,如图2中所示,可以相对于转子叶片100限定X轴线、Y轴线和Z轴线的原点,使得正X方向朝着主体106的后缘114延伸并且正Y方向朝着主体106的吸力侧110延伸。

[0026] 现在参考图3至图6,示出了根据本发明的图2中所示的小翼120的实施例的各种视图。特别地,图3示出了图2中所示的小翼120的后缘视图。图4示出了图3中所示的小翼120在线4-4处获得的展向视图。图5示出了图3中所示的小翼120的特定横截面轮廓的局部横截面图。另外,图6示出了图4中所示的小翼120沿着线6-6获得的俯视、横截面图。

[0027] 特别地如图3中所示,所公开的小翼120大体上包括从第一端部124延伸到第二端部128的小翼主体122,其中,第一端部124布置在限定于小翼120和主体106之间的界面126处,第二端部128布置在叶片尖端104处。大体上,小翼主体122可以配置成类似于转子叶片100的主体106。例如,小翼主体122可以例如通过限定对称的或弯曲的翼形状横截面而大体上限定空气动力学轮廓。因此,小翼主体122也可以包括在前缘134和后缘136之间延伸的压力侧130和吸力侧132。应当领会,在若干实施例中,小翼主体122在界面126处(即,在小翼主体122的第一端部124处)的空气动力学轮廓可以大体上对应于主体106在界面126处的空气动力学轮廓,使得可以在小翼120和主体106之间限定大体上平滑和连续的空气动力学轮廓。

[0028] 另外,根据本发明,小翼主体122也可以具有被设计成改善转子叶片100的总体效率和性能的独特几何形状。特别地,由于该独特形状,所公开的小翼120可以增强在叶片尖端104处的旋涡的位移,由此减小风力涡轮机10(图1)的尖端损失并且增加它的功率系数。小翼形状也被设计成增加风力涡轮机10的年发电量(AEP)而不增加负荷(例如,推力)或转子直径,由此减小风力涡轮机10所生成的能量的成本。而且,由于小翼120被配置为压力侧小翼,因此不减小转子叶片100和塔架12之间的间隙(图1)。

[0029] 大体上,小翼主体120的独特形状可以由一个或多个设计参数限定,所述设计参数包括但不限于展向半径138、弦140、变桨轴线142、扫掠144、预弯曲部分146、扭角148、倾斜角150、束角152和曲率半径154、156,所有这些设计参数是空气动力学领域中的普通技术人员公知和理解的设计参数。为了本公开的目的,可以相对于小翼主体122和主体106之间的界面126(即,相对于小翼主体122的第一端部124)限定这些设计参数中的一个或多个。然而,如上所述,所公开的小翼120可以独立于主体106地形成,或与主体106一体地形成。因此,应当领会,术语“界面”的使用不需要限定于这样的实施例,在所述实施例中小翼主体122形成为独立部件并且独立地安装到主体106。相反地,术语“界面”大体上对应于这样的

点,所公开的小翼形状沿着转子叶片100的翼展116起始于所述点,即小翼主体122从界面126延伸到叶片尖端104。因此,在小翼主体122和主体106一体地形成的实施例中,术语“界面”可以用于简单地对应于这样的参考位置,从所述参考位置限定所公开的小翼主体122的形状。

[0030] 如图3中所示,所公开的小翼120可以大体上限定展向长度或半径138,展向长度或半径138对应于小翼主体122沿着Z轴线的长度。特别地,展向半径138可以被定义为小翼主体120沿着参考线的长度,所述参考线平行于Z轴线从界面126延伸到沿着小翼主体122的不同径向位置。例如,在若干实施例中,小翼120的从界面126(即,小翼主体122的第一端部124)至叶片尖端104(即,小翼主体122的第二端部128)测得的总展向半径138可以在从大约2000毫米(mm)至大约3750mm的范围内,例如从大约2500mm至大约3500mm的范围或从大约2750mm至大约3250mm的范围,以及在大约2000mm和大约3750mm之间的所有其它子范围。备选地,可以从沿着包括预弯曲部分146的小翼主体122的第一展向位置限定展向半径138。例如,如下面的表1中所示,在本发明的特定实施例中,小翼120的预弯曲部分146可以起始于距离界面126大约1000mm处,其中界面126大体上对应于径向位置#1。在这样的实施例中,沿着小翼120的包括预弯曲部分的部分(例如,从包括预弯曲部分146的第一展向位置至叶片尖端104)测得的小翼120的展向半径138可以在从大约1500mm至大约2500mm的范围内,例如从大约1750mm至大约2250mm的范围或从大约1900mm至大约2100mm的范围,以及在大约1500mm和大约2500mm之间的所有其它子范围。

[0031] 另外,如图4和图5所示,小翼120可以限定弦140,所述弦大体上对应于小翼主体122的沿着在小翼120的前缘134和后缘136之间延伸的参考线的长度。应当领会,在若干实施例中,当小翼主体122从界面126延伸到叶片尖端104时弦140可以大体上沿着小翼120的展向半径138减小。例如,在本发明的特定实施例中,在界面126处(即,在小翼主体122的第一端部124处)的弦140可以在从大约750毫米(mm)至大约1260mm的范围内,例如从大约850mm至大约1150mm的范围或从大约950mm至大约1050mm的范围,以及在从大约750mm和大约1260mm之间的所有其它子范围,并且在叶片尖端104处(即,在小翼主体122的第二端部128处)的弦140可以在从大约35mm至大约200mm的范围内,例如从大约40mm至大约100mm的范围或从大约45mm至大约55mm的范围,以及在大约35mm和大约200mm之间的所有其它子范围。

[0032] 而且,小翼120也可以包括变桨轴线142,根据沿着小翼120的展向半径138的每个径向位置处的弦140限定变桨轴线142。正如通常所理解的,每个横截面轮廓相对于变桨轴线142的位置可以用于控制小翼120的前缘134和后缘136的形状,并且也可以用于限定小翼120的扭角148的参考点。如图5中所示,在若干实施例中,变桨轴线142可以大体上对应于小翼120的在沿着小翼主体122的特定径向位置处的横截面轮廓的弦140上的点,并且可以被定位成与小翼120的前缘124相距距离158,其中距离158对应于弦140的百分比。例如,在一个实施例中,变桨轴线142可以被定位成与前缘134相距的距离158在从沿着小翼主体122的每个径向位置处的弦140的大约22%至沿着小翼主体122的每个径向位置处的弦140的大约38%的范围内,例如从弦140的大约25%至弦140的大约35%的范围或从弦140的大约28%至弦140的大约32%的范围,以及在弦140的大约22%和弦140的大约38%之间的所有其它子范围。

[0033] 此外,也可以基于小翼120的沿着X轴线的平移或扫掠144限定小翼主体122的形状。具体地,如图4中所示,可以沿着平行于X轴线延伸的参考线测量扫掠144,并且扫掠144可以对应于沿着这样的参考线在小翼主体122的界面126处(即,小翼主体122的第一端部124处)的特定弦位置和沿着小翼主体122的不同径向位置处的相应弦位置之间的距离。例如,小翼120在沿着小翼主体122的特定径向位置处的扫掠144的大小可以被定义为从界面126处的四分之一弦位置160(即,在界面126处,与前缘134相距的距离等于弦140的25%)至该特定径向位置处的四分之一弦位置(即,在该特定径向位置处,与前缘134相距的距离等于弦140的25%)的距离。因此,在若干实施例中,小翼120的扫掠144的总大小(限定为从界面处的四分之一弦位置160至叶片尖端104处的四分之一弦位置162)可以在从大约580mm至大约970mm的范围内,例如从大约650mm至大约850mm的范围或从大约700mm至大约800mm的范围,以及在大约580mm和大约970mm之间的所有其它子范围。应当领会,扫掠144的正值可以大体上沿正X方向平移小翼120的前缘134,如图4中所示。也应当领会,在备选实施例中,可以相对于任何其它合适的弦位置限定扫掠144,例如35%弦位置、50%弦位置、75%弦位置等。

[0034] 另外,如图3中所示,也可以基于小翼120的预弯曲部分146的高度或大小来限定小翼主体122的形状。可以大体上沿着平行于Y轴线延伸的参考线测量预弯曲部分146,并且预弯曲部分146可以对应于沿着这样的参考线在小翼主体122的界面126处(即,小翼主体122的第一端部124处)的特定弦位置和沿着小翼主体122的不同径向位置处的相应弦位置之间的距离。例如,沿着小翼120的特定径向位置处的预弯曲部分146的大小可以被定义为从小翼主体122的界面126处的后缘136至小翼主体122的该特定径向位置处的后缘136。因此,在若干实施例中,小翼120的预弯曲部分146的总大小(限定为从界面126处的后缘136至叶片尖端104处的后缘136)可以在从大约1500mm至大约3450mm的范围内,例如从大约1750mm至大约3250mm的范围或从大约2500mm至大约3000mm的范围,以及在大约1500mm和大约3450mm之间的所有其它子范围。应当领会,预弯曲部分146的正值可以大体上朝着小翼120的压力侧130(即,在负Y方向上)。

[0035] 而且,小翼120也可以围绕变桨轴线142旋转,由此限定用于相对于风向设定小翼的迎角的扭角148。如图5中所示,可以大体上相对于小翼120的前缘134来限定小翼120的每个横截面轮廓处的扭角148,并且扭角148可以对应于平行于弦140延伸的参考线和水平参考线之间的角,其中水平参考线延伸通过零度扭角148处的变桨轴线142。在若干实施例中,小翼120的扭角148可以沿着展向半径138变化。例如,在本发明的特定实施例中,在界面126处(即,小翼主体122的第一端部124处)的扭角148可以在从大约-1.1度至大约-1.9度的范围内,例如从大约-1.3度至大约-1.7度的范围或从大约-1.4度至大约-1.6度的范围,以及在大约-1.1度和大约-1.9度之间的所有其它子范围。类似地,在叶片尖端104处(即,小翼主体122的第二端部128处)的扭角148可以在从大约-6.7度至大约-11.3度的范围内,例如从大约-7.5度至大约-10.5度的范围或从大约-8.5度至大约-9.5度的范围,以及在大约-6.7度和大约-11.3度之间的所有其它子范围。应当领会,扭角148的负值大体上对应于小翼120远离顺桨的旋转。换句话说,扭角148的负值可以旋转前缘134,从而增加小翼120的当地迎角。

[0036] 此外,小翼120也可以限定倾斜角150,所述倾斜角对应于小翼主体122围绕沿着展

向半径138的每个当地弦140的旋转。具体地,如图3中所示,沿着小翼主体122的特定径向位置处的倾斜角150可以被定义为在平行于Z轴线延伸的参考线和在该特定径向位置处切向于小翼120延伸的参考线之间的角。例如,在若干实施例中,在叶片尖端104处(即,小翼主体122的第二端部128处)的倾斜角150可以在从大约64度至大约108度的范围内,例如从大约70度至大约100度的范围或从大约80度至大约90度的范围。应当领会,倾斜角150的正值将产生压力侧小翼,如图示实施例中所示。

[0037] 另外,如图6中所示,小翼120在沿着小翼主体122的每个径向位置处也限定了束角152,所述束角对应于小翼120围绕Y轴线的旋转。因此,沿着小翼主体122的特定径向位置的束角152可以大体上被定义为在平行于X轴线延伸的参考线和平行于该径向位置处的弦140延伸的参考线之间的角。因此,在若干实施例中,在叶片尖端104处(即,小翼主体122的第二端部128处)的束角122可以在从大约0.62度至大约1.04度的范围内,例如从大约0.70度至大约0.90度的范围或从大约0.78度至大约0.88度的范围,以及在大约0.62度和大约1.04度之间的所有其它子范围。应当领会,正束角152可以大体上是小翼120的前缘134径向向外(即,沿着Z轴线远离转子叶片100的根部102)的角。

[0038] 而且,小翼120在Z-Y平面内也可以具有大体上限定小翼主体122的总曲率的曲率半径154、156。例如,如图3中所示,小翼120可以在Z方向上限定第一曲率半径154和在Y方向上限定第二曲率半径156。应当领会,在若干实施例中,第一曲率半径154可以与第二曲率半径156相同。备选地,第一曲率半径154可以不同于第二曲率半径156。例如,在一个实施例中,小翼主体122的曲率可以由具有第一曲率半径154和第二曲率半径156的曲线拟合限定,所述第一曲率半径在从大约1500mm至大约2500mm的范围内,例如从大约1750mm至大约2250mm的范围或从大约1950mm至大约2050mm的范围,以及在大约1500mm和大约2500mm之间的所有其它子范围,所述第二曲率半径在从大约1200mm至大约2000mm的范围内,例如从大约1400mm至大约1800mm的范围或从大约1550mm至大约1650mm的范围,以及在大约1200mm和大约2000mm之间的所有其它子范围。应当领会,曲率可以大体上由任何合适的曲线拟合限定,例如由椭圆、抛物线拟合、指数拟合或任何其它合适类型的曲线拟合限定。

[0039] 此外,在本发明的特定实施例中,小翼主体122的标称几何形状可以由表1中所提供的值限定。如上所述,可以大体上相对于小翼主体122和主体106之间的界面126(即,小翼主体122的第一端部124)限定小翼120的展向半径138,并且展向半径138可以从这样的界面126延伸到叶片尖端104(即,小翼主体122的第一端部124)。因此,如表1中所示,在径向位置#1(即,限定在界面126处或第一端部124处)处的展向半径138可以等于0.00mm,展向半径138朝着径向位置#15(即,限定在叶片尖端104或第二端部128处)逐渐增加。而且,除了展向半径138以外,还提供了小翼120在每个径向位置处的弦140、变桨轴线142、扫掠144、预弯曲部分146、扭角148、倾斜角150和束角152的值,从而大体上提供小翼主体122的完整标称形状。

[0040] 表1

[0041]

径向位置	展向半径 (mm)	弦 (mm)	变桨轴线 (%弦)	扫掠 (mm)	预弯曲 部分 (mm)	扭角 (度)	倾斜 角 (度)	束角 (度)
1	0.00	1007.60	0.31	0.00	0.00	-1.48	0.00	0.00
2	782.00	977.00	0.31	0.00	0.00	-1.63	0.00	0.00
3	891.00	973.48	0.31	0.00	0.00	-1.63	0.00	0.00
4	1000.00	969.96	0.31	0.00	0.00	-1.63	0.00	0.00
5	1235.73	954.20	0.31	4.19	22.94	-1.63	0.12	0.00
6	1536.45	917.18	0.30	28.71	70.74	-1.62	4.75	0.03
7	1848.06	857.10	0.30	75.63	156.29	-1.66	12.93	0.09
8	2166.64	778.10	0.30	142.65	301.76	-1.94	24.18	0.17
9	2472.62	684.33	0.30	226.03	523.24	-2.68	37.88	0.26
10	2734.41	579.91	0.30	319.39	823.85	-3.58	53.56	0.37
11	2914.99	468.99	0.30	413.82	1188.87	-5.02	70.98	0.47
12	2982.63	355.71	0.30	500.09	1584.82	-6.52	86.36	0.57
13	3007.78	244.21	0.30	580.93	1981.94	-7.81	86.36	0.67
14	3032.94	138.63	0.30	657.69	2376.83	-8.70	86.36	0.75
15	3056.15	50.00	0.30	722.40	2741.33	-9.00	86.36	0.83

[0042] 本领域的普通技术人员应当领会,表1中所提供的每个径向位置(径向位置#1至15)大体上对应于沿着小翼主体122的特定位置,在所述特定位置使用给定值限定小翼120的横截面轮廓(例如,类似于图5中所示的横截面轮廓)。因此,应当领会,可以使用表1中所提供的用于限定每个径向位置处的横截面轮廓的形状和/或取向的值对所公开的小翼120进行物理制造和/或图形建模。然后可以使用本领域中已知的任何合适的手段(例如,通过使用合适的计算机建模或绘图软件用平滑的连续弧连接每个横截面轮廓)进行放样、连接和/或以另外方式联结这些横截面轮廓以便限定总的小翼形状。

[0043] 另外,为了限定小翼主体122的形状表1中所提供的值被显示成具有两个小数位。然而,可以相信,限定小翼形状的值可以变化而不损害由所公开的小翼120提供的优点。因此,表1中所提供的值用于标称小翼形状。所以将领会,可以进行表1中所提供的值的每一个的加或减(+/-)的变化而不超出本发明的范围,所述变化包括但不限于制造公差的变化和其它设计考虑。例如,在一个实施例中,在每个径向位置处的长度值(即,展向半径138、弦140、变桨轴线142、扫掠144和预弯曲部分146)的大约 $\pm 10\%$ 的余量、在每个径向位置处的倾斜角的值的大约 ± 20 度的余量和在每个径向位置处的其它角(即,扭角148和束角152)的值的的大约 ± 1 度的余量可以限定表1中所公开的小翼形状的轮廓包络。在另一个实施例中,表1中所公开的小翼形状的轮廓包络可以由在每个径向位置处的长度值的大约 $\pm 5\%$ 的余量、在每个径向位置处的倾斜角的值的大约 ± 10 度的余量和在每个径向位置处的其它角的值的大约 ± 0.5 度的余量限定。

[0044] 也应当领会,为了用于具有任何合适的尺寸和/或配置的转子叶片100,上面提供的标称小翼形状可以进行几何放大或缩小。因此,表1中所提供的每个径向位置处的值可以是一个或多个常数的函数。也就是说,给定值可以乘以或除以相同常数或不同常数,这取决于特定设计参数,所述特定设计参数被缩放以提供所公开的小翼120的“放大”或“缩小”版本,同时保持所公开的小翼形状。该缩放可以用于使小翼120适合于更大或更小的叶片。例如,在一个实施例中,长度值(即,展向半径138、弦140、变桨轴线142、扫掠144和预弯曲部分

146) 中的一个或多个可以乘以或除以第一常数并且角(即,扭角148、倾斜角150和束角152)的值中的一个或多个可以乘以或除以第二常数。

[0045] 另外,作为使用表1中所提供的所有值限定小翼主体的形状的替换选择,也可以使用每个径向位置处的两个或以上设计参数的组合的表值来限定小翼形状。例如,在若干实施例中,可以仅仅使用表1中所提供的弦140和扭角148的值在每个径向位置处限定所公开的小翼120。在这样的实施例中,弦140的值在每个径向位置处可以大体上变化 $\pm 25\%$ 并且扭角148的值在每个径向位置处可以大体上变化 ± 2.5 度,以适应制造公差和其它设计考虑。在其它实施例中,设计参数的各种其它组合可以用于限定小翼120,例如通过使用在每个径向位置处的扫掠144和预弯曲部分146的值或通过使用在每个径向位置处的扫掠144和倾斜角150的值,这样的组合的值具有合适的 \pm 变化以适应制造公差和其它设计考虑。

[0046] 而且,应当领会,除了由所公开的小翼120的独特形状提供的优点以外,当小翼120包括被配置成独立地附连到转子叶片100的主体106的独立部件时还可以获得另外的优点。特别地,模块化配置可以允许容易地和高效地制造并且储存小翼120,由此减小了总生产成本。另外,作为独立部件,小翼120可以容易地从制造设施运输到现场并且可以安装到转子叶片100上,而不必从风力涡轮机10上拆下这样的转子叶片100。

[0047] 该书面描述使用包括最佳模式的例子来公开本发明,并且也使本领域的任何技术人员能够实施本发明,包括制造和使用任何装置或系统并且执行任何包含的方法。本发明的可专利范围由权利要求限定,并且可以包括本领域的技术人员想到的其它例子。这些其它例子应当属于权利要求的范围内,只要它们包括与权利要求的文字语言没有区别的结构元件,或者只要它们包括与权利要求的文字语言无实质区别的等效结构元件。

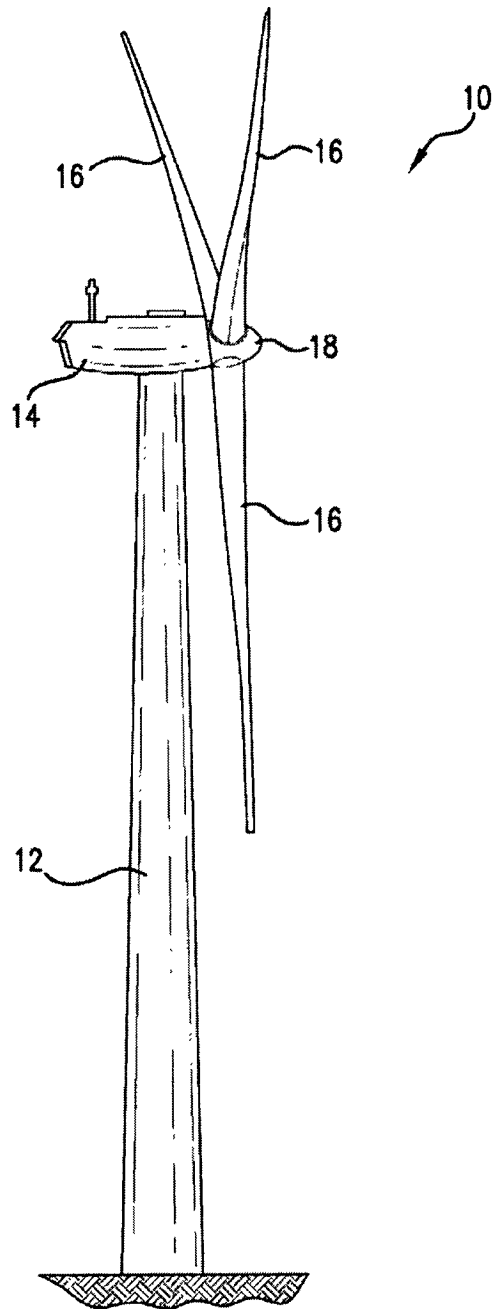


图1

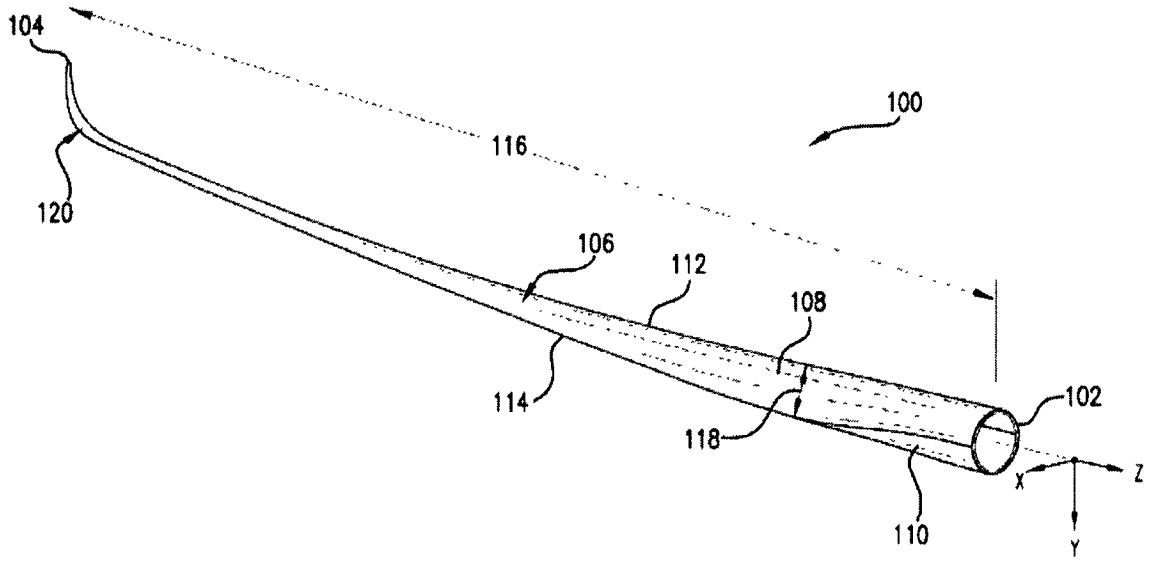


图2

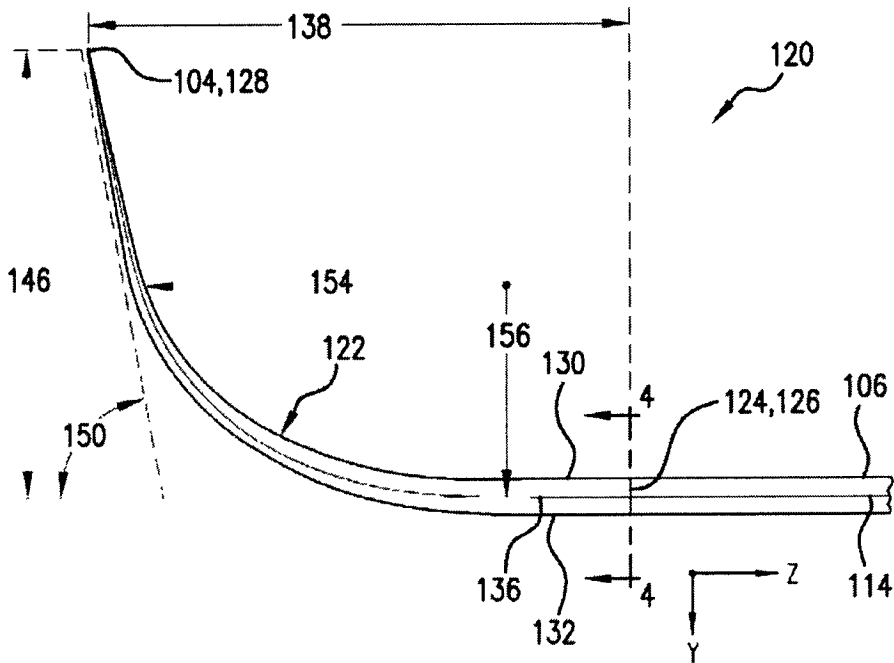


图3

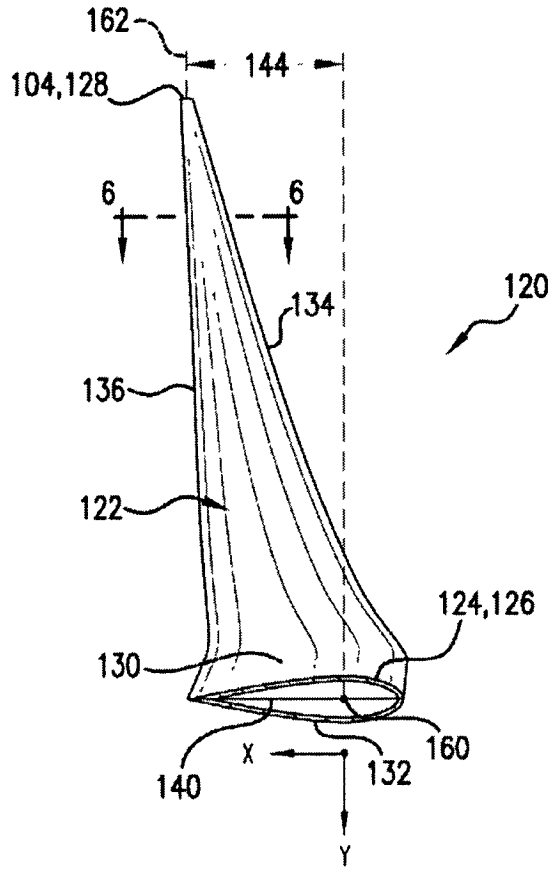


图4

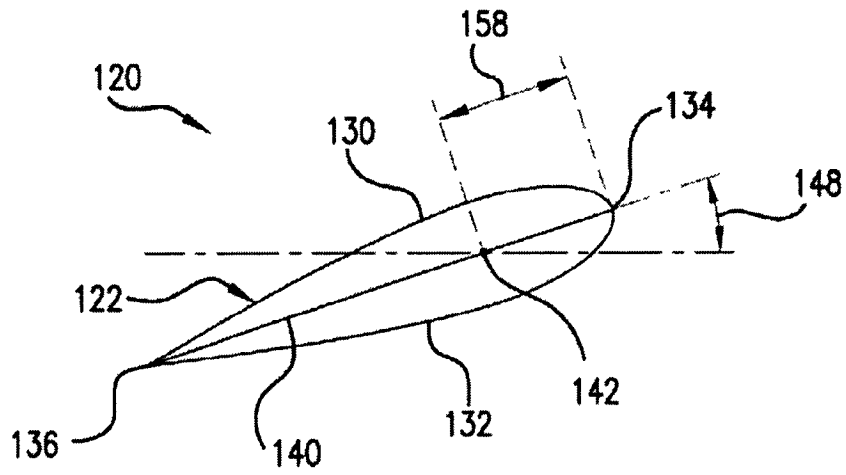


图5

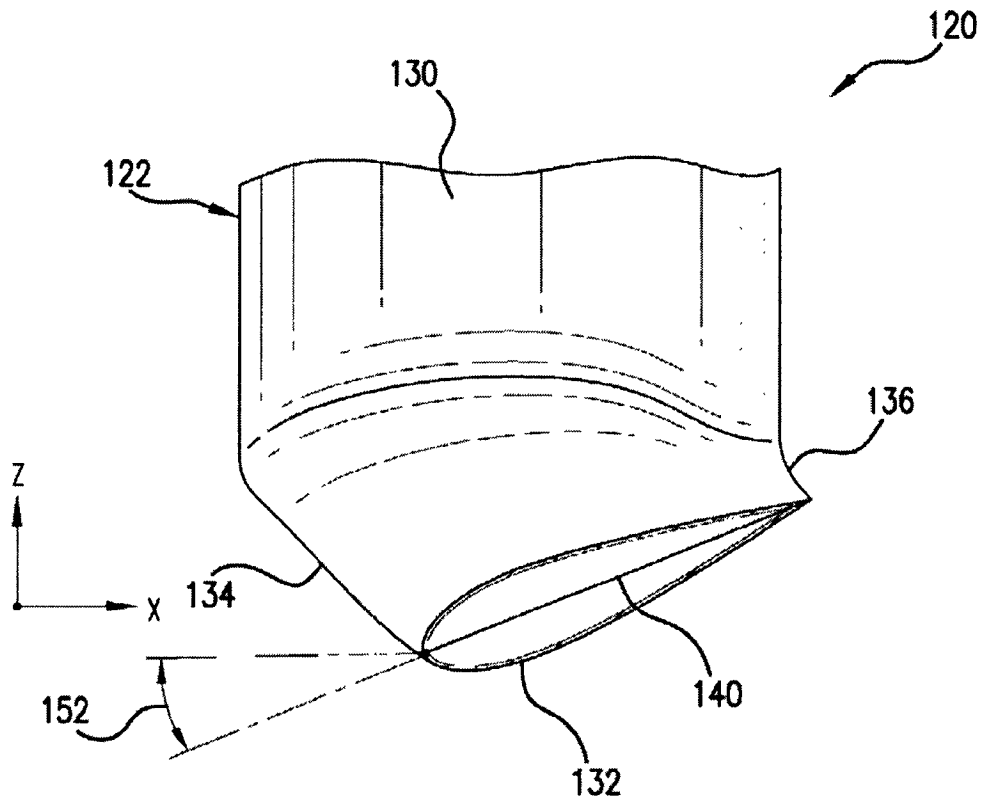


图6