



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02803506.2

[43] 公开日 2004 年 3 月 24 日

[11] 公开号 CN 1484734A

[22] 申请日 2002.11.8 [21] 申请号 02803506.2

[30] 优先权

[32] 2001.11.8 [33] JP [31] 342925/2001

[32] 2001.12.27 [33] JP [31] 397075/2001

[86] 国际申请 PCT/JP02/11655 2002.11.8

[87] 国际公布 WO03/040555 日 2003.5.15

[85] 进入国家阶段日期 2003.7.7

[71] 申请人 学校法人东海大学

地址 日本东京都

[72] 发明人 关和市

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

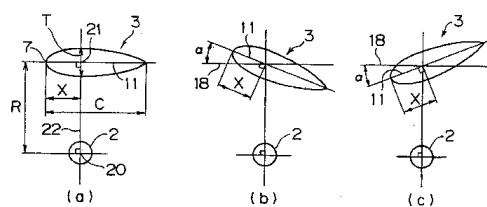
代理人 何腾云

权利要求书 1 页 说明书 16 页 附图 7 页

[54] 发明名称 直线翼型风·水车

[57] 摘要

本发明考虑了风·水车的效率、自起动性和噪音等，把实现坚固性、安装角、翼厚等的最佳化作为目的，在备有与轴心平行配置的 2 维翼型的直线翼 3 的直线翼型风·水车中，使假想线从轴心开始与直线翼的翼弦线垂直，当把交点 21 作为中心并把回转直线翼的角度作为安装角 α 时，安装角被设定在 $+3^\circ \sim -2^\circ$ 的范围内，而且，当把从该直线翼 3 的前缘 7 到该交点的距离 \times 相对于翼弦长 C 的比例作为安装位置时，该安装位置被设定在 $15 \sim 40\%$ 的范围内，而且，当把从该轴心到该直线翼 3 的距离作为半径 R，把该直线翼的翼弦长作为 C，把该直线翼的个数作为 N 时， NC/R 被设定在 $0.5 \sim 2.2$ 的范围内，而且，最大翼厚 T 相对于该直线翼的翼弦长的比例被设定在 $15 \sim 25\%$ 的范围内。最大翼厚相对于该支承翼的翼弦长的比例是 $15 \sim 20\%$ 。在直线翼的端部上形成翼型截面的山状部。



1. 一种直线翼型风·水车，备有在轴心的周围与该轴心平行地配置的二维翼型的直线翼，其特征在于，

使假想线从该轴心开始垂直于该直线翼的翼弦线，当把该交点作为中心且把旋转该直线翼的角度作为安装角时，该安装角被设定在 $+3^\circ \sim -2^\circ$ 的范围内，

而且，使假想线从该轴心开始垂直于该直线翼的翼弦线，当把从该直线翼的前缘到该交点的距离相对于翼弦长的比例作为安装位置时，该安装位置被设定在 15~40% 的范围内，

而且，当把从该轴心到该直线翼的距离作为半径 R，使该直线翼的翼弦长为 C，使该直线翼的个数为 N 时， NC/R 被设定在 0.5~2.2 的范围内，

而且，最大翼厚相对于该直线翼的翼弦长的比例被设定在 15~25% 的范围内。

2. 如权利要求 1 所述的直线翼型风·水车，其特征在于，备有把上述直线翼连结到上述轴心侧的对称翼型的支承翼，最大翼厚相对于该支承翼的翼弦长的比例被设定在 15~20% 的范围内。

3. 一种直线翼型风·水车，备有在轴心的周围与该轴心平行地配置的直线翼，其特征在于，在该直线翼的轴向端部上形成翼型截面的大致一半厚度的山状部。

4. 如权利要求 3 所述的直线翼型风·水车，其特征在于，上述山状部的翼厚是 12~17% 左右。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的直线翼型风·水车，其特征在于，该直线翼型风·水车备有权利要求 1 或 2 所述的各要素。

直线翼型风·水车

技术领域

本发明涉及例如在垂直轴周围配置直线翼且用支承翼连接到轴侧的直线翼型风·水车，该直线翼型风·水车兼顾了效率、自起动性和噪音等，并谋求坚固性、安装角和翼厚等的最佳化。

背景技术

近年来，从节省能源和保护自然环境等观点出发，风力发电和水利发电被重新看好。

对于风力发电来说，以前，使用螺旋桨的水平轴型的风车是主流。螺旋桨式风车有种种缺点，在自起动性高、不需要特别的启动装置的反面，需要相对风向的指向性，需要用于使螺旋桨朝向风的方向的装置等，并且由于螺旋桨的形状复杂，难以大量生产加工。

近年来，与螺旋桨式的水平轴风车相反，开始采用使用纵长的叶片的垂直轴型的风车。例如，在垂直的轴部的周围具有多根圆弧状的细长的叶片的达里厄斯型风车是有名的。

垂直轴风车，有种种优点，由于对风向无指向性，所以适用于风向变化的日本的风况，并且由于叶片的形状简单，所以容易大量生产。垂直轴风车的效率（输出系数）不比任何螺旋桨式的水平轴风车差。在此所谓效率是风车做的功（力矩×转速）相对于风能的比例。在水力发电的情况下，效率即为风车做的功相对于水能的比例。

但是，对于原有的垂直轴风车，由于自起动性非常低，所以需要起动用的马达和控制马达的控制装置等各种设备，虽然使用简单形状的叶片，但存在装置大型化和高成本化的问题。另外，为了得到高的效率（输出系数）要在翼型上下功夫等，要付出种种辛苦。另外，回转时切风音大，需要找出对策。这些问题不限于风车，在水车中也会出现。

鉴于上述问题，本发明是主要作为垂直轴风·水车使用的能发挥出良好效率（输出系数）的风·水车，其目的在于提供自起动性高，不需要特别的起动装置，并且回转音安静的风·水车。

发明内容

为了达到上述目的，本发明的第1技术方案的直线翼型风·水车，备有在轴心的周围与该轴心平行地配置的二维翼型的直线翼，使假想线从该轴心开始垂直于该直线翼的翼弦线，当把该交点作为中心且把旋转该直线翼的角度作为安装角时，该安装角被设定在 $+3^{\circ} \sim -2^{\circ}$ 的范围内，而且，使假想线从该轴心开始垂直于该直线翼的翼弦线，当把从该直线翼的前缘到该交点的距离相对于翼弦长的比例作为安装位置时，该安装位置被设定在15~40%的范围内，而且，当把从该轴心到该直线翼的距离作为半径R，把该直线翼的翼弦长作为C，把该直线翼的个数作为N时， NC/R 被设定在0.5~2.2的范围内，而且，最大翼厚相对于该直线翼的翼弦长的比例被设定在15~25%的范围内。

根据上述构成，安装角在 5° 以上时风·水车的效率（输出系数）为零，作为风·水车不起作用，把安装角做在 $+3^{\circ} \sim -2^{\circ}$ 的范围内，至少可以发挥最大效率的一半以上的效率（输出系数），可以在回转时得到良好的效率。另外，把安装位置做在15~40%的范围内，虽然效率与安装位置为25%时相比稍微降低，但是能被良好地维持，由于直线翼的转头力矩，自起动性被确保。另外， NC/R （坚固性即回转面积比）在0.5以上能够发挥出良好的自起动性，由于坚固性超过2.2时效率（输出系数）降低，所以 NC/R 在0.5~2.2范围内，始动性和效率能被确保。另外，把直线翼的最大翼厚做成15~25%，风·水车的自起动性提高，效率也提高，强度也被确保。如上所述，风·水车的自起动性和效率双方能良好地发挥。

本发明的第2技术方案的直线翼型风·水车，其特征在于，在第1技术方案的直线翼型风·水车中，备有把上述直线翼连结到上述轴心侧的对称翼型的支承翼，最大翼厚相对于该支承翼的翼弦长的比例

被设定在 15~20% 的范围内。

根据上述构成，可以降低支承翼的回转阻力，确保强度，同时可以更加提高风·水车的自起动性。

本发明的第 3 技术方案的直线翼型风·水车，备有在轴心的周围与该轴心平行地配置的直线翼，其特征在于，在该直线翼的轴向端部上形成翼型截面的大致一半厚度的山状部。

由于上述构成，作为风车使用时，回转时在翼端后方不产生空气涡流，切风音被降低乃至完全消除。作为水车使用时也一样。回转时在翼端后方不产生水涡流，切水音被降低乃至完全消除。

本发明的第 4 技术方案的直线翼型风·水车，其特征在于，在第 3 技术方案的直线翼型风·水车中，上述山状部的翼厚是 12~17% 左右。

由于上述构成，切风音和切水音被完全消除。

本发明的第 5 技术方案的直线翼型风·水车，其特征在于，在本发明的第 3 或第 4 技术方案的直线翼型风·水车中，该直线翼型风·水车备有第 1 或第 2 技术方案所述的各要素。

由于上述构成，通过安装角为 $+3^\circ \sim -2^\circ$ 、安装位置为 15~40%、坚固性 $NC/R=0.5 \sim 2.2$ 直线翼厚为 15~25%、支承翼厚为 15~20%、翼端的山状部的组合、风·水车的效率（输出系数）和自起动性双方被满足，并且切风音和切水音被降低乃至被完全消除。

附图说明

图 1 是表示本发明的直线翼型风·水车的一个实施例的立体图。

图 2 是表示直线翼的截面形状的图 1 的 A—A 截面图。

图 3 是表示支承翼的截面形状的图 1 的 B—B 截面图。

图 4 是表示直线翼的安装位置和安装角的说明图，(a) 表示安装角为 0，(b) 表示+的安装角，(c) 表示-的安装角。

图 5 是表示安装角和效率（输出系数）的关系的曲线图。

图 6 是表示安装角和效率的关系的曲线图。

图 7 是表示对应每个安装角的强度与效率的关系的曲线图。

图 8 是表示使用另一直线翼时的坚固性与效率的关系的曲线图。

图 9 表示对应于每个坚固性下的线速度比和效率的关系的曲线图。

图 10 是根据图 9 表示对应于每个线速度比的坚固性和效率的关系的曲线图。

图 11 的 (a) 是表示直线翼的翼端的山状部的俯视图, (b) 是其正视图, (c) 是其侧视图。

具体实施方式

下面根据附图详细地说明本发明的实施例。

图 1 表示本发明的垂直轴式的直线翼型风·水车的一个实施例。

该直线翼型风·水车 1 由垂直的轴部 2、在轴部 2 的周围与轴部 2 平行配置的多个(在本例中为三个)作为主翼的直线翼(叶片)3、把各直线翼 3 连结到轴部 2 上的水平的支承翼 4 构成。

如图 2(省略截面线)表示的直线翼 3 的 A—A 截面那样, 直线翼 3 呈非对称的二维翼型, 其翼形中心线 9 从直线翼 3 的前缘 7 向下(在图 2 中是向下, 在图 1 中相当于轴向内侧)弯曲, 在最大翼厚中心 10 处与翼弦线 11 一致, 再向上弯曲到后缘 8。在图 2 中的前方下侧设置支承翼 4。由于该形状, 不会因风和水流的方向(风向和水向)改变直线翼 3 的安装角, 可以提高风·水车的效率(输出系数)。对于直线翼 3 的形状, 本申请人在日本特公昭 56—42751 号公报中已提出。

另外, 如图 3(a) 中表示的支承翼 4 的 B—B 截面那样, 支承翼 4 是对称翼, 从前缘 12 直到后缘 13, 翼形中心线 19 与翼弦线 15 一致。由于在支承翼 4 上使用对称翼, 所以在图 1 中, 使前缘 12 承受风和水流时的阻抗减低, 使后缘 13 承受风和水流时的阻抗增大且能发挥出旋转风·水车 1 的力量。

作为支承翼 4 的截面形状, 当采用与图 2 相同的非对称的翼型时, 把图 1 上侧的支承翼 4 做成与图 2 同样的截面形状, 图 1 下侧的支承翼 4 使用把图 2 的截面形状做成上下线对称的截面形状(上下反转的形状)。

由此, 在上侧的支持翼上产生的升力与作用在下侧支持翼上的向

下的力抵消，能得到顺畅的回转，同时能减少加在轴部 2 的轴承（未图示）的轴向力，能提高轴承（未图示）的寿命。

上述直线翼 3 和支承翼 4 最好用玻璃纤维和石墨纤维那样的重量轻且强度高的材料一体地形成。由此，风·水车 1 不仅可以作为风车使用，也可以作为水车使用。由于翼的刚性高，所以可以耐受强的水流，由于是一体型，在接缝上没有孔等，不用担心水侵入翼内部。另外，由于各翼部的轻量化，提高了始动性及效率（输出系数）。

轴部 2 最好是金属制的中空的外齿轮，例如，在外齿轮（2）的端部上固定发电机（未图示）的回转轴。由于使用外齿轮，使轴部 2 轻量化，提高了始动·起动性。再有，在例如风向和水流的方向一定的地方使用，不需要改变安装角时，直线翼 3 也可以使用对称翼（截面对称翼型）。另外，在直线翼 3 的上下也可以配置圆板状等的盘（未图示），通过支承盘中心，可以废除轴部 2。

上述直线翼型风·水车 1 的效率（输出系数）根据相对于支承翼 4 的直线翼 3 的安装角、直线翼 3 相对于轴部 2 的中心的安装位置、风·水车 1 的坚固性（回转面积比）等进行变动，另外，风·水车 1 的自起动性根据坚固性（回转面积比）和直线翼 3·支承翼 4 的翼厚等进行变动。

在此，作为安装位置，如图 4 (a) 所示，在从轴部 2 的中心 20 向与直线翼 3 的翼弦线 11 垂直方向引出径向的假想线 22 时，是用从直线翼 3 的前缘 7 到径向的假想线 22 和翼弦线 11 的交点 21 的距离 X 相对于翼弦长 C 的比例（%）所表示的数值。另外，作为安装角，如图 4 的 (b)、(c) 所示，当直线翼 3 的相对于与图 4 (a) 的翼弦线 11 的翼弦线 11 相当的平直线 18 向回转方向外侧或内侧倾斜时，是指翼弦线 11 和平直线 18 所成的角度 α ($^{\circ}$)。图 4 (b) 表示 $+\alpha$ 的安装角，图 4 (c) 表示 $-\alpha$ 的安装角，图 4 (a) 表示安装角为 0° 。

另外，坚固性，在风·水车的半径为 R (m)，直线翼的个数为 N (个)、直线翼的翼弦长为 C (m) 时，用 NC/R 表示。半径 R 在图 4 (a) 中是从轴中心 20 到翼弦线 11 与假想线 22 的交点 21 的距离。

另外，作为翼厚是用%表示最大翼厚相对于翼弦长的比例。效率（输出系数）是用带小数点的数字表示风或者水的能量为1时风·水车的做功（转矩×转速）的比例。

本发明的目的在于，找出所谓这些安装角和安装位置、坚固性、厚翼等要素的最佳值及有效使用范围，提供一种能发挥出高的自起动性和足够的效率（输出系数）的直线翼型风·水车，下面说明对这些要素的调查研究结果。

首先，在图5的曲线图中表示安装角和效率（输出系数）的调查结果。

在图5中，纵轴表示效率，横轴表示安装角（°）。坚固性从0.18到4.0表示成五个阶段（0.18, 1.08, 2.0, 3.0, 4.0）。

如图5所表明的那样，风·水车的效率随安装角进行大的变动，在坚固性从0.18至4.0的极大的范围内，安装角只在±4°或者最大±5°以内的范围内成为有效。当安装角超出±4°或者最大±5°的范围时，风·水车的效率几乎为零，完全不能使用。为了在图5中得到良好的效率（例如0.1以上的效率），应该把安装角抑制在±2°或者至少±3°以内。通过把安装角抑制在±2°以内，至少可以发挥最大效率（在图5中为0.25）的一半以上的效率（输出系数）。安装角最大必须在±5°以内，最佳值（范围）可以说是±1°。

如图5所示，坚固性是0.18时，在安装角为+1°处效率成为最大。在其他的坚固性为1.08~4.0的范围内，在安装角为0和+1°的地方成为几乎同样的最大效率。+1°的地方比-1°的地方效率稍高些，+2°的地方比-2°的地方效率高，+3°的地方比-3°的地方高很多。这样，在全体上+侧的安装角比-侧安装角效率都高。图5的倾向，无论在风车的情况下还是在水车的情况下都一样。

接下来，在图6中表示安装位置和效率（输出系数）的调查结果。

在图6中，纵轴表示效率，横轴表示安装位置（%）。坚固性（NC/R）只用0.18为代表表示。作为一个例子，风·水车的半径R

是 1.25m，直线翼的翼弦长 C 是 0.3m。

如图 6 所表示的那样，安装位置在 25%的地方效率（输出系数）最大（0.235）。安装位置在 0~50%的范围内，效率（输出系数）显示出比较稳定的数值，为 0.118~0.079。

安装位置为 0% 的位置是图 4 (a) 的从轴部开始延伸的径向的线（即支持翼）与直线翼的前缘相接那样交叉的位置，安装位置为 50% 的位置是该径向的线与翼弦线的中央交叉的位置。

从图 6 可知，安装位置的最佳值是 25%。即，在图 4 (a) 中，是从轴部开始延伸的径向的线与从直线翼的前缘开始的翼弦长的 1/4 的位置交叉的位置。

另外，在图 6 中，安装位置的范围相当宽，为 0~50%，但是当安装位置在 0 和其附近的位置时，没有风·水车回转时的直线翼的转头力矩（使直线翼的前缘部向着轴部的内向力）作用，如果考虑到自起动性恶化的问题，安装位置应该是 15%以上，为了得到 0.1 以上的效率，不是 50%而应该是 40%以内，从而，有效的安装位置应该抑制在 15~40%的范围内。图 6 的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都是相同的。

图 7 是把图 5 的曲线变成坚固性与效率的关系的图。

在图 7 中，横轴表示坚固性 (NC/R)，纵轴表示效率（输出系数）。安装角是 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$, $+3^\circ$, -1° , -2° , -3° 七个水准。

如图 7 所示的那样，随着坚固性变大，效率降低（这点以前是公知的）。安装角在为 0° 和 $+1^\circ$ 时，效率表示为大致相同的值。安装角为 $+2^\circ$ 和 -1° 时，效率近似，安装角为 $+3^\circ$ 和 -2° 时，效率比较近似，安装角为 -3° 时，效率下降很大（降到 0.1 以下）。根据图 7，可以说安装角最好在 $+3^\circ$ ~ -2° 的范围内，如果安装角在 $+3^\circ$ ~ -2° 的范围内，坚固性在 0.18~4.0 的范围内，能发挥良好的效率。

但是，坚固性是 3 或 4 的情况在现实中几乎没有。即，对于坚固性为 3 的情况，条件为例如在半径为 0.3m 的风·水车中，直线翼 3

的翼弦长是 0.3m，直线翼 3 的个数是 3 个，可以说实施的可能性非常小。随着坚固性的增大，风·水车内（直线翼 3 的内侧空间内）难以进入风或水，风·水车内的流速降低，转速和转矩降低。从而，图 7 中的各线的弯曲比较平缓，可以说坚固性为 2 左右是实际使用范围的上限。在包含安装角为 -3° 的情况在内的所考虑的情况下，也可以说坚固性的上限值为 1 至 $1+\alpha$ (α 为 0.2 左右) 比较妥当。

由于坚固性越高，始动性越高（这一点是公知的），所以在考虑自起动性的情况下，坚固性的下限值应该比 0.18 大。下限值被认为应该比 0.18 大比 1 小，在 0.6 左右。对于坚固性的检测结果将在后面叙述。图 7 的倾向无论在风车情况下还是在水车的情况下都一样。

表 1 表示上述图 5~图 7 的根据（原始数据）的一部分，作为参考。

表 1

安装位置%	安装角 deg	效率	效率最大时的线速度比 β (参考)
0	3.43	0.118	2.6
10	2.06	0.203	↑
20	0.69	0.233	↑
25	0	0.235	↑
30	-0.69	0.227	↑
40	-2.06	0.171	↑
50	-3.43	0.079	↑

表 1 中线速度比是直线翼的前端的转速相对于风速或者水速的比例，线速度比 2.6 意味着以风速或者水速的 2.6 倍的速度进行回转。效率随着线速度比进行大的变动。对于线速度比将在后面进行叙述。

图 8 是坚固性在从 0.1 以下的极小区域到 3.5 的范围内表示坚固性和效率（输出系数）的关系的图。作为直线翼，假定使用翼厚为 12% 的比较薄的对称翼（NACA0012）。

如图 8 所表明的那样，坚固性在 0.1 时效率为 0.1 以上，坚固性

从 0.1 到 0.35，效率曲线陡峭地上升，坚固性在 0.35 附近，效率为最大值，坚固性从 0.35 到 0.65，效率急剧下降，坚固性从 0.65 到 2.2，效率平缓下降，坚固性在 2.2 附近，效率大致恒定，坚固性在 2.4 以上，效率再次下降。

根据图 8 的结果，在重视性能（效率）的情况下，需要把坚固性设置在 0.1~0.65 的范围内，在重视始动性的情况下，可以说效率要做出某种程度的牺牲，需要把坚固性设定在 0.65~2.2 的范围内。

效率的最大值 $C_{p_{max}}$ 随着雷诺数 Re 和翼型（翼截面型）进行变动。 $C_{p_{max}}$ 的变动幅度是 0.2~0.48 左右。图 8 中的雷诺数是 1.33×10^5 ，另外，效率也随着直线翼的线速度比进行变动。图 8 的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都是相同的。

图 9 是在把坚固性做成 0.36, 0.6, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.2 七个水准的情况下表示线速度比和效率（输出系数）的关系的图。

如图 9 所表明的那样，随着线速度比即直线翼的转速相对于风速或水速的比例的增高效率增高。另外，随着线速度比 β 降低坚固性增加。随着线速度比增高坚固性减少。图 9 的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都相同。

图 10 是从图 9 求出坚固性和效率关系的曲线图。

在图 10 中，横轴表示坚固性，纵轴表示效率。线速度比采用 1.9, 2.0, 2.5, 3.0 四个水准。

如图 10 所表明的那样，在线速度比 β 高（2.5, 3.0）的情况下，在低的坚固性的范围内效率最大，在线速度比低（1.9, 2.0）的情况下，在高的坚固性的范围内效率最大。

因此，在迅速回转风·水车的情况下，需要小的坚固性，在缓慢回转风·水车的情况下，需要大的坚固性。由图 10 可知，考虑始动性时，坚固性需要在 0.6 以上，需要在 0.6~1.2 或者 0.6~2.2 范围内。坚固性大、线速度比小，从风·水车的安全性和耐运动的强度性·耐疲劳的强度性的观点出发是有效的。图 10 的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都是相同的。

上述的直线翼型风·水车的性能可以由例如以下的特性式算出。

$$\text{速度降低率 } a = 1/2 \{ 1 - \sqrt{(1 - C_{fx})} \}$$

$$V_R = (1 - a) \sqrt{(1 - 2\beta \sin \phi + \beta^2)}$$

$$\begin{aligned} \text{阻抗系数 } C^{fx} &= - (n l_B / 4\pi) \int_0^{2\pi} V_R^2 \{ (C_L \cos \phi + C_D \sin \phi) \cos \phi \\ &+ (C_D \cos \phi - C_L \sin \phi) \sin \phi \} d\phi \end{aligned}$$

$$C_{TB} = (n l_B / 4\pi) \int_0^{2\pi} V_R^2 \{ (C_L \sin \phi - C_D \cos \phi - C_M l_B) d\phi \}$$

$$\text{效率 } C_p = \beta \times C_{TB}$$

在这里， l_B 表示用半径 R 除翼弦长 C_B 的值， V_R 表示相对流入风速或者相对流入水速， ϕ 表示风·水车回转角， ϕ 表示流入角， C_L 表示升力系数， C_D 表示阻力系数， C_M 表示力矩系数。

表 2 是根据实验和计算再参考感觉上捕捉到的结果表示坚固性和自起动性及效率关系的表。

表 2

NR/C	始动性	效率 C_p	效率最大时的线速度比
0.1	×	小	大
0.2	×	中	大
0.3	×	大	3.9
0.4	×	大	3.4
0.5	△	中	3.0
0.6	△	中	2.9
0.7	△	中	2.6
0.8	△	小	2.5
1.0	○	小	2.3
1.2	○	小	2.1
1.4	○	小	2.0
1.6	○	小	小
1.8	○	小	小
2.0	○	小	小
2.2	○	小	小
2.4	○	小	小

在表 2 中，最左栏表示坚固性，左数第 2 栏用 ○ △ × (○ 是使用

良好的范围、 \times 是不能使用的范围， Δ 是可以使用的范围)表示自起动性的可否，左数第3栏用大中小表示效率，右栏用数值和大小表示效率最大时的线速度比作为参考。

根据表2，为了使自起动性和效率双方获得良好的发挥(即使为了始动性在某种程度上牺牲效率，在发电性能上也不会成为问题)，最好把始动性设定在 Δ 以上的范围内，把效率设定在从中到小的范围内，从而，从表2中可以说坚固性在0.5~0.8的范围内是理想的。

另外，从安全性及耐强度性方面看线速度比低是有效的，所以说始动性是 Δ 效率是中线速度比低，坚固性0.7左右是最佳值。即使坚固性在0.8以上的范围内，由于如图7、图8所示，效率的低落幅度不是那么大，所以坚固性直到2.2左右都是可以使用的。表2的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都是相同的。

除了坚固性(由风·水车的半径R、直线翼的个数N和翼弦长C决定的回转面积比)以外，始动性和效率也受直线翼的翼厚(在图4(a)中用T表示测定位置)和支承翼的翼厚的影响。以下对直线翼和支承翼的翼厚的调查结果进行说明。

表3根据实验和计算直线翼(主翼)的翼厚和自起动性·效率·强度的关系表示感觉上捕捉到的结果。

表3

翼厚%	始动性	效率	强度
5	\times	\times	\times
10	\times	\times	\times
15	Δ	Δ	Δ
20	O	O	O
25	O	O	O
30	Δ	Δ	O
35	\times	\times	O
40	\times	\times	O

在表3中，翼厚是用百分比表示最大厚翼相对于翼弦长C的比例的值。

如表 3 所表示的那样，翼厚为 20~25%时，始动性、效率、强度都是○（良好），可以说是最佳值。可以使用的范围是包含△的范围，即翼厚为 15~30%的范围。翼厚为 15%和 30%时，始动性都是△，但是翼厚是 30%时，始动性差一点就是良好。

随着翼厚增加到 35~40%，直线翼的刚性增加，但是翼的重量的增加会有回转中的惯性力增加且机械强度降低的危险（即使把翼厚为 30%时的强度表示为△、把翼厚为 35~40%时的强度表示为×，也不能一概而论说成是错误）。从而，直线翼需要用玻璃纤维和石墨纤维那样的重量轻且强度高的纤维材料形成。纤维材料的板厚是大约 2mm 左右。

在风·水车的回转中，在直线翼上作用以阻力方向（X 方向）的假想轴为中心的横摆力矩，以横力方向（Y 方向即直线翼的长度方向）的假想轴为中心的纵摆力矩和以升力方向（Z 方向）的假想轴为中心的偏摆力矩。从而强度的设定是重要的，表 3 的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都是同样的。

表 4 表示根据实验和计算支承翼（对称翼）的翼厚和自起动性·回转阻力（降低效率的主要因素）·强度的关系在感觉上捕捉到的结果。

表 4

支承翼厚%	始动性	回转阻力	强度
5	×	小	×
10	×	小	×
15	△	中	△
20	△	中	△
25	○	大	○
30	○	大	○
35	○	大	○
40	○	大	○
45	○	大	○

表 4 的支承翼为图 3 所示的形态为上下对称的翼型。回转阻力是在与风向或水向同方向上作用的空气阻力或水阻力即流体阻力，回转阻力小时效率高但自起动性低。在支承翼上也同在直线翼上一样，作用三个方向的力矩。

从表 4 中可以看出，在考虑风·水车的始动性的情况下，当始动性是 Δ 以上时，支承翼厚在 15% 以上是有效的。在考虑始动性加上回转阻力的情况下，可以说回转阻力在中等程度的范围内，翼厚在 15~20% 的范围内是最佳的。如果从强度上看，翼厚在 15~20% 的范围内强度是 Δ （中等程度），例如，由于用上下二个支承翼支承直线翼，所以可以没有任何问题地使用。

为了提高始动性，由于回转阻力大，效率多少会有些牺牲，但翼厚直到 40% 左右都是可以使用的。与直线翼相比，在翼厚的大的范围内强度都很高，这是因为翼截面形状不同和形状适合作用在支承翼上的重力方向的力。翼厚为 5~10% 时，对始动性及强度是不利的，但回转阻力小。翼厚为 5~10% 的风·水车通过增加翼的个数等来提高强度是可以使用的。表 4 的倾向无论在风车的情况下还是在水车的情况下都是相同的。

综上所述，从第 5~图 10 及表 1~表 2 可知，为了得到自起动性，坚固性即 NC/R 最好设定在 0.5 以上，其最佳使用范围是 0.65~1.2，允许使用范围是 0.5~2.2。不用说，在忽视始动性（使用起动装置的情况下）只重视性能（效率）的情况下，坚固性在 0.1~0.5 的范围内也可以使用。

另外，对于直线翼的安装角，根据图 5，安装角的最佳范围是 $\pm 1^\circ$ 至 $\pm 2^\circ$ 以内，可以使用范围是 $\pm 5^\circ$ 以内。 $\pm 5^\circ$ 以上不能使用。图 5 的结果是附加了坚固性的结果，上述最佳范围及使用范围适用于每一种坚固性。

另外，关于直线翼的安装位置，根据图 6，从前缘开始 25% 的位置是最佳位置，考虑到自起动性（直线翼的转头力矩），可以说可以使用的范围是 15~40%。图 6 的结果也同样适用于每种坚固性。

另外，从表 3 可知，直线翼的翼厚，考虑到始动性、效率和强度，20~25%是最佳范围，15~30%是较理想的允许范围。

另外，从表 4 可知，支承翼（对称翼）的翼厚，考虑到始动性、阻力和强度，15~20%是最佳范围。

这些安装角、安装位置、坚固性、翼厚等因素可以单独设定，但是通过把各因素 2 个或者 3 个或者 4 个或者 5 个地组合起来，会提高效果。

组合的方法，例如，有安装角在 $\pm 5^\circ$ 以内或者在 $\pm 2^\circ$ 以内和安装位置为 25% 或者为 15~40% 的组合，安装角在 $\pm 5^\circ$ 以内或者在 $\pm 2^\circ$ 以内和坚固性为 0.5~2.2 或者为 0.65~1.2 的组合，安装角在 $\pm 5^\circ$ 以内或者在 2° 以内和直线翼厚为 15~30% 的组合、安装角在 $\pm 5^\circ$ 以内或者在 $\pm 2^\circ$ 以内和支承翼厚为 15~20% 的组合等，在由 5 个因素总计 10 种组合之上，再加上由安装角、安装位置和坚固性三因素的组合和由安装角、安装位置、坚固性和翼厚四~五个因素的组合。

特别通过安装角在 $\pm 2^\circ$ 以内和坚固性为 0.65~1.2 的组合、安装角为 25° 和坚固性为 0.65~1.2 的组合、坚固性为 0.65~1.2 和直线翼厚为 15~30% 的组合，坚固性为 0.65~1.2 和直线翼厚为 15~30% 和支承翼厚为 15~20% 的组合等，可以满足效率和自起动性两方面的要求。

再有，如果废除上述支承翼 4 而用圆板状的薄壁盘等代替，如果强度足够，也可以不用上下 2 根支承翼而只在中央做一根。另外，也可以用上下的短圆柱状的凸起部（未图示）代替上述直线翼型风·水车 1 的轴部 2。另外，如使上述直线翼型风·水车 1 的轴心为水平，也可将其配置在高层建筑的上层部分的侧壁。另外，在把上述风·水车用作水车使用的情况下，与用作风车同样，在把轴心做成垂直的状态下，使各直线翼 3 从端部侧进入水中。进入水中的直线翼 3 的进入长度可以根据发电量和水流等适当变更。上述直线翼型风·水车 1 不仅可用于发电，也可以用做加热用的热交换机和扬水用等的能量交换机。另外，本发明作为直线翼型风·水车的制造方法也是有效的。

图 11 (a) ~ (c) 所表示的构造，是作为上述直线翼型风·水车 1 的回转声音的对策，在直线翼（主翼）3 的长度方向（轴向）的上下两端部（在图 11 中只图示了上端部）上形成翼型的山状部（翼型截面的几乎一半的厚度的山状部）41。

图 11 (a) 表示直线翼 3 的俯视图（缩小图 2 的图），图 11 (b) 表示其正视图，（把回转方向作为前侧），图 11 (c) 表示其侧视图。翼型的山状部 41，如图 11 (c) 所示，翼截面形状（图 11 (a) 与翼截面形状相同）为沿翼弦线 11（图 2）切断成大致 $1/2$ 的形状，如图 11 (b) 所示，从前面看，为左右大致对称的山型。即，把直线翼（不局限于符号 3 的直线翼）的翼型截面沿厚度方向切成两半，把其截面形状作为山状部 41 的纵截面，使该纵截面的顶部 42 和直线翼 3 的表里面（侧面）43 圆滑地弯曲状地连接。

山状部 41 的峰（顶部）42，从图 11 (a) 的前端到大致中央，如图 11 (b) 所示，在板厚方向上比较圆滑地形成弯曲状，从图 11 (a) 的中央附近到后端，随着山状部 41 的宽度变窄，棱线部逐渐变细。山状部 41 的前端 44 及后端 45 圆滑地与直线翼 3 的前缘 7 及后缘 8 连接。翼型的山状部 41 最好用上述纤维材料与直线翼 3 一体地形成。

山状部 41 的翼厚即最大高度（最大翼厚）H 相对于翼弦长的比例，在某种程度上受直线翼 3 的翼厚的限制，最好是 $(24 \sim 34\%) / 2$ 左右即 $12 \sim 17\%$ 左右。在此， $24 \sim 34\%$ 是做成山状部 41 之前的翼型截面的翼厚，用 2 除是因为把翼型截面看作大致对称（如果做成对称翼面则正好是 $1/2$ ）。这些最佳范围是根据实验等得出的。

由于山状部 41 的翼厚设定在 $12 \sim 17\%$ 左右，特别在用作风车回转时，完全没有切风音。这是因为翼端后方的空气因翼型的山状部 41 而不产生涡流。在作为水车使用时也一样，翼端后方的水不产生涡流，没有切水音。通过形成翼型的山状部 41，即使翼厚是 $12 \sim 17\%$ 以外的翼厚，也能使切风音和切水音减小，实用上是非常有效的。

再有，也可以在直线翼 3 的两端上设置侧板（未图示）代替翼型

的山状部 41。侧板最好是代替支承翼 4 且与多个直线翼 3 连结的圆板状的物体，形状可以适当设定。

对付噪音的翼型的山状部 41 和上述板，即可以是单独的有用物体，也可以是通过组合上述图 5 的安装角和图 6 的安装位置、图 7~图 10 和表 2 的坚固性、表 3 的直线翼 3 的翼厚、表 4 的支承翼 4 的翼厚各因素而成的有用的物体。

如上所述，根据本发明的第 1 技术方案，由于把直线翼的安装角做成 $+3^{\circ} \sim -2^{\circ}$ ，所以至少能发挥最大效率的一半左右以上的效率（输出系数）。另外，由于把安装位置做成 15~40%，由于直线翼的转头力矩，自己始动被确保，另外，由于 NC/R(坚固性)在 0.5 以上，良好的自起动性被发挥出来，由于当坚固性超过 2.2 时效率（输出系数）降低，所以 NC/R 在 0.5~2.2 范围内，始动性和效率双方都能被确保，另外，由于把直线翼的翼厚做成 15~25%，所以风·水车的自起动性提高，而且效率也提高了，由于他们的相乘效果，可以提供兼顾效率和始动性双方的风·水车。

根据本发明的第 2 技术方案，由于可以降低支承翼的回转阻力且确保强度，同时提高自起动性，所以可以提供进一步兼顾始动性和效率的风·水车。

根据本发明的第 3 和第 4 技术方案，回转时的切风音和切水音被减低乃至完全消除，由肃静的风·水车能防止噪音对环境的危害。

根据本发明的第 5 技术方案，通过安装角为 $+3^{\circ} \sim -2^{\circ}$ 、安装位置为 15~40%、坚固性 $NC/R=0.5 \sim 2.2$ 、直线翼厚为 15~25%、支承翼厚为 15~20%、翼端的山状部的组合、可以提供充分满足效率（输出系数）、自起动性和解决噪音的风·水车。

图1

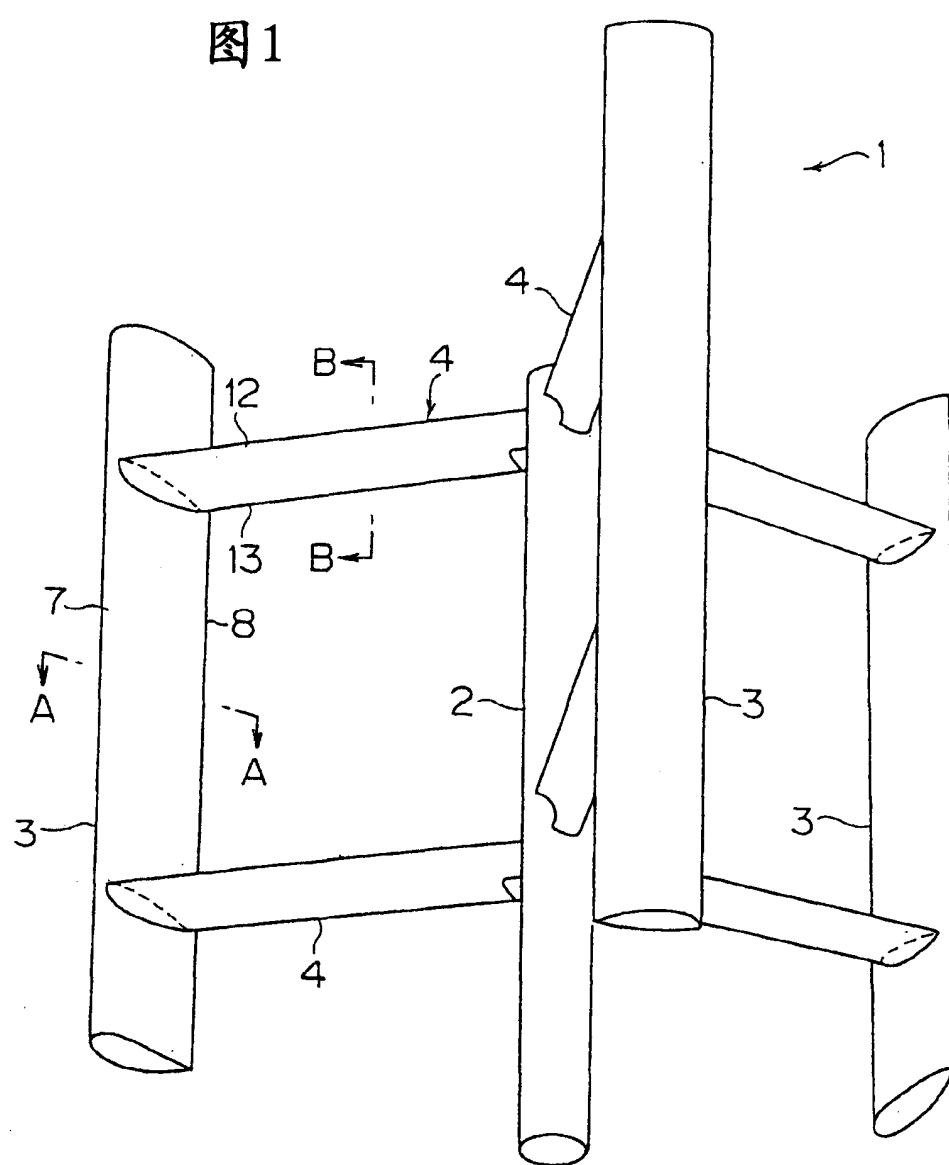


图2

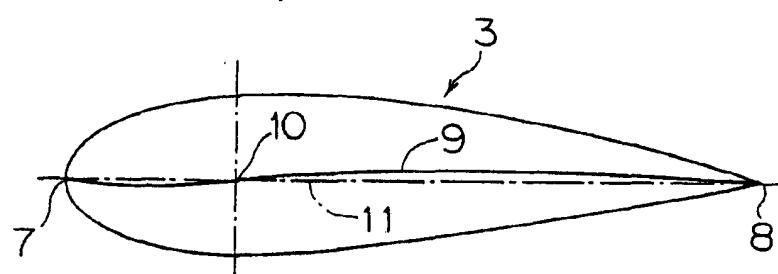


图 3

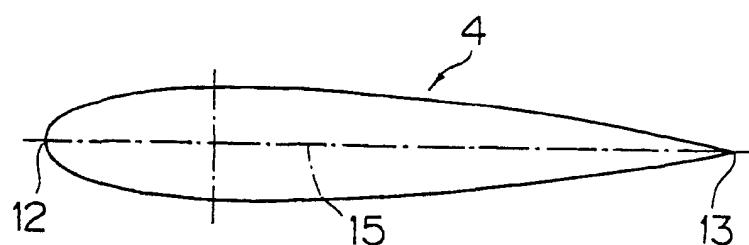


图 4

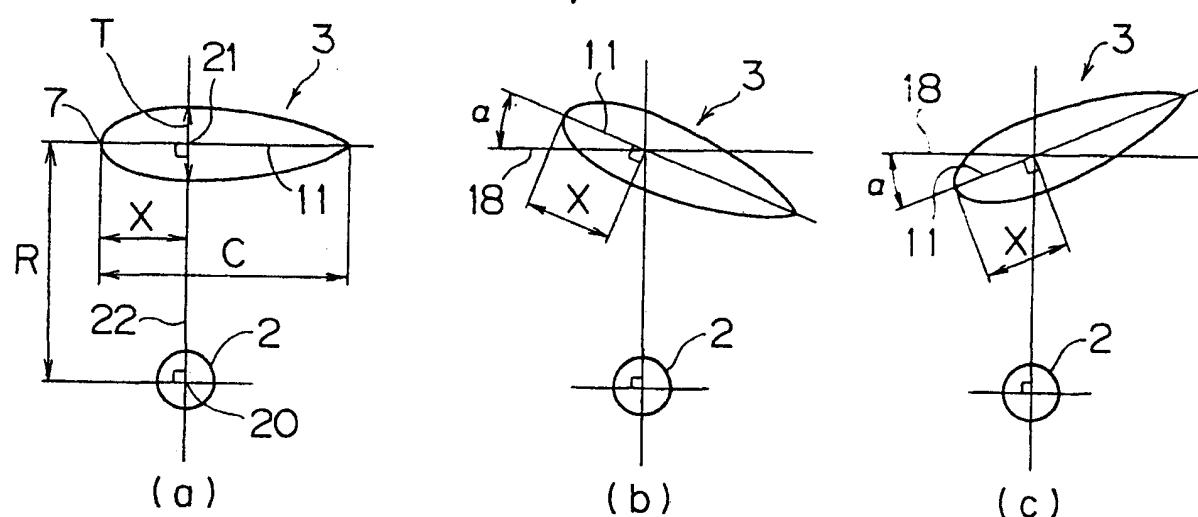
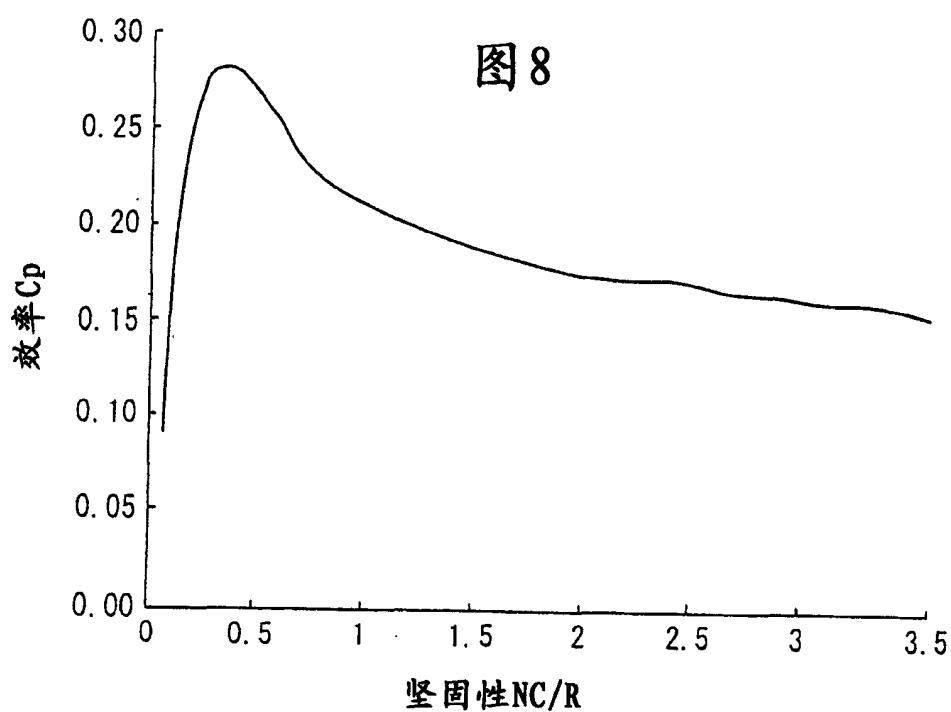


图 8



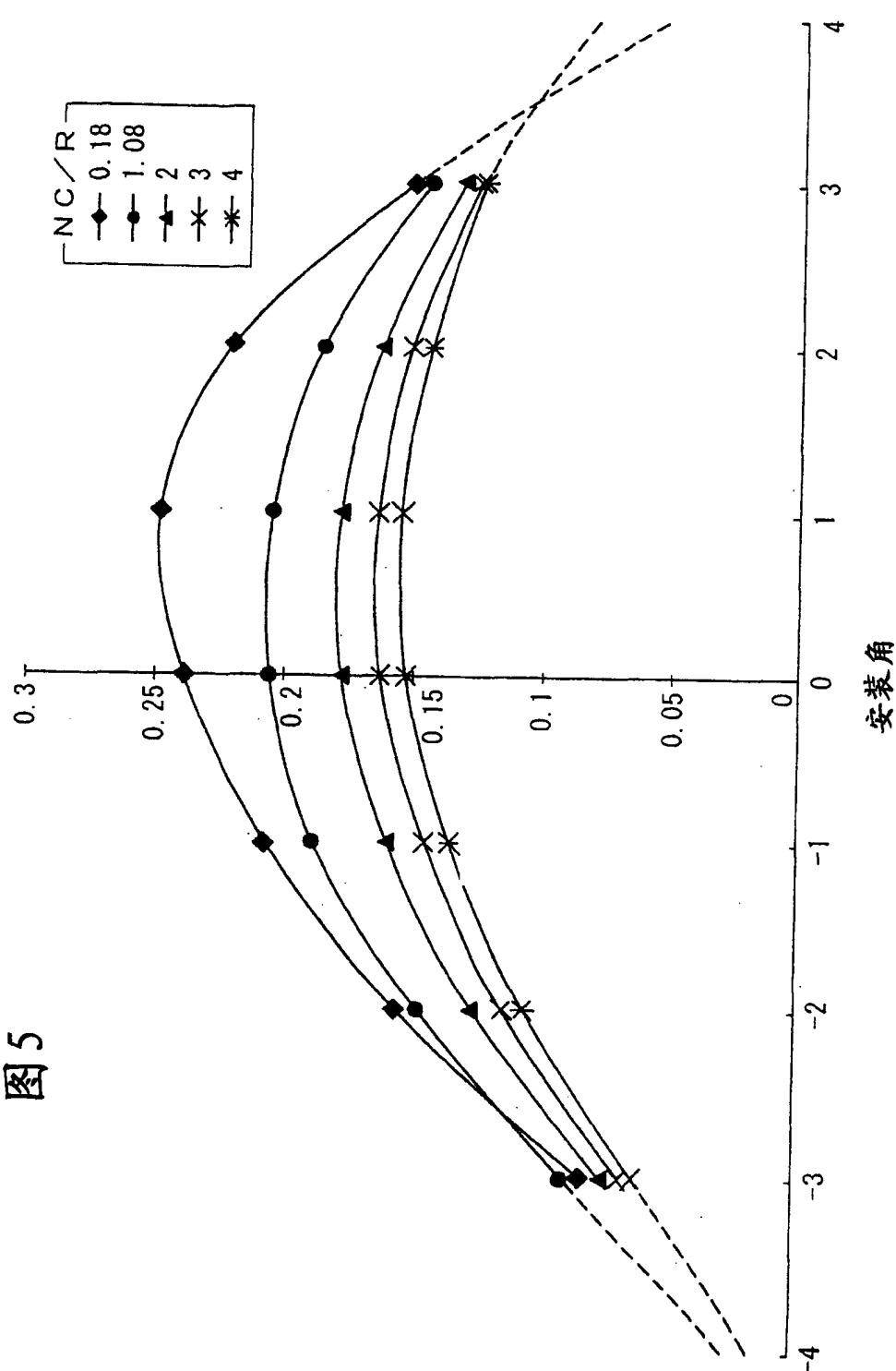


图 5

图 6

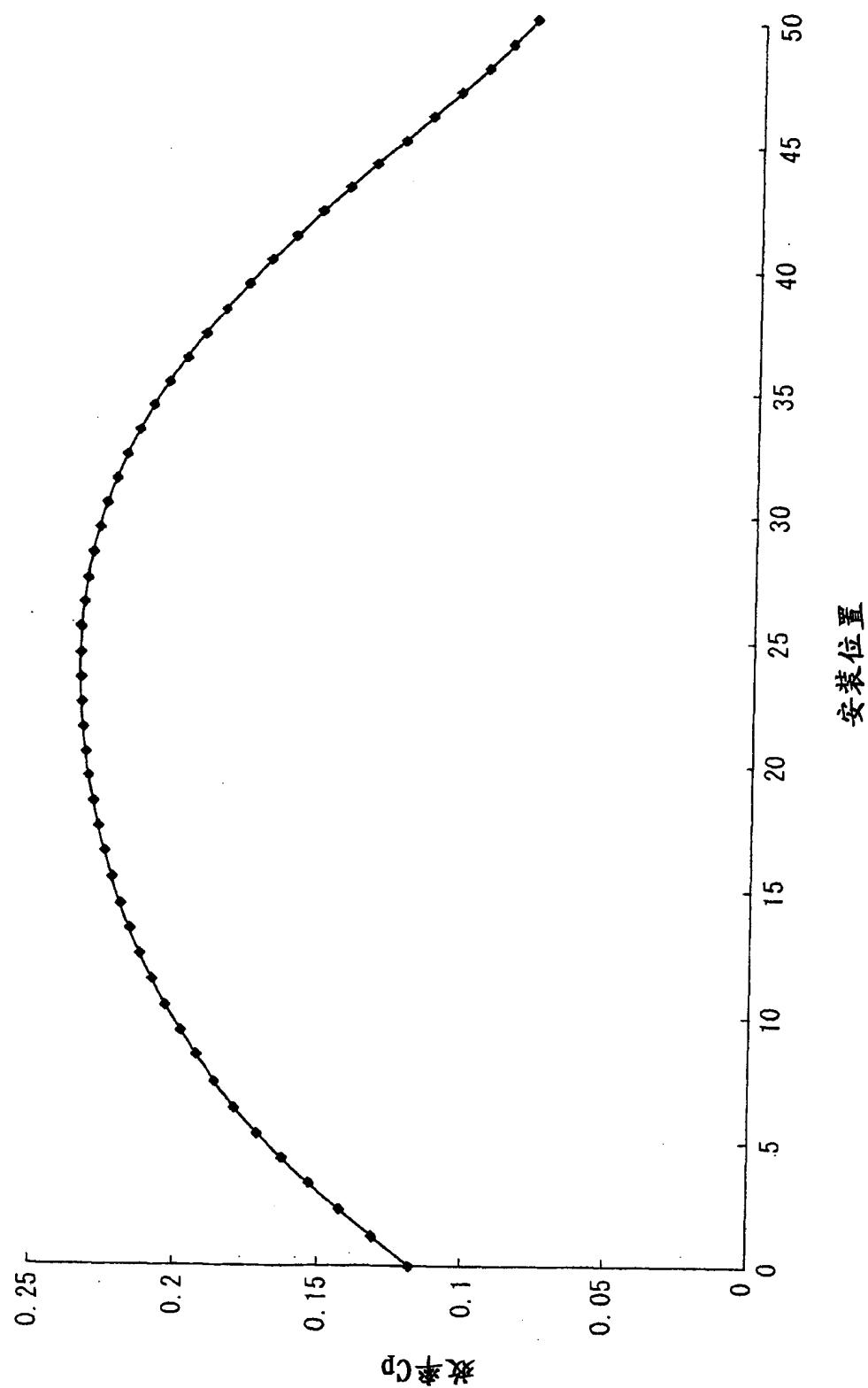


图 11

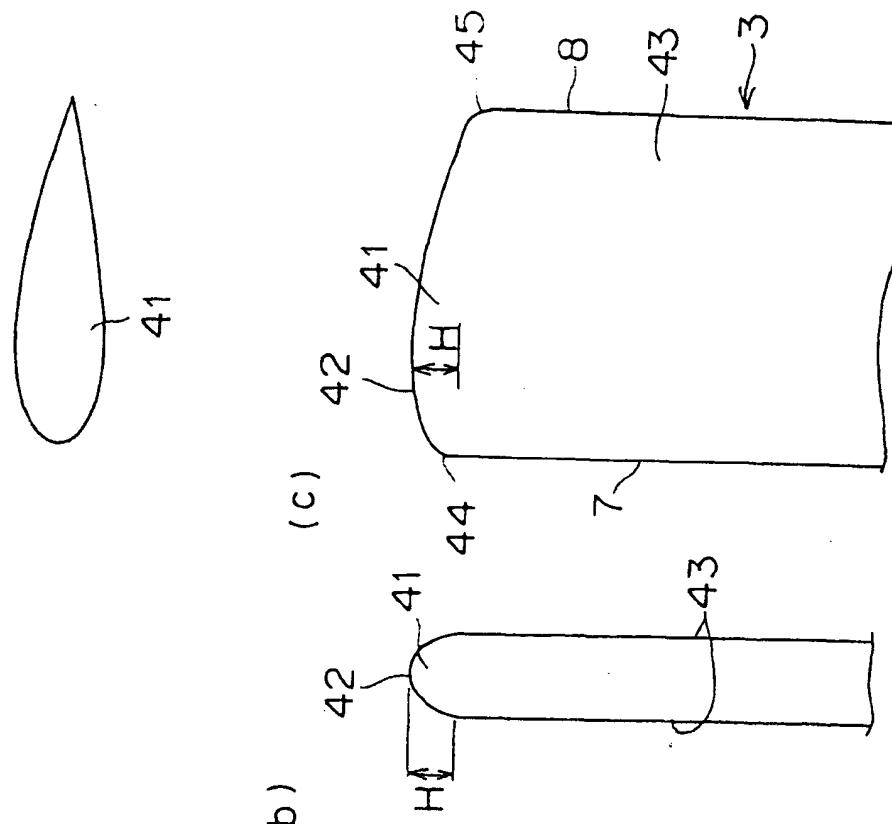


图 7

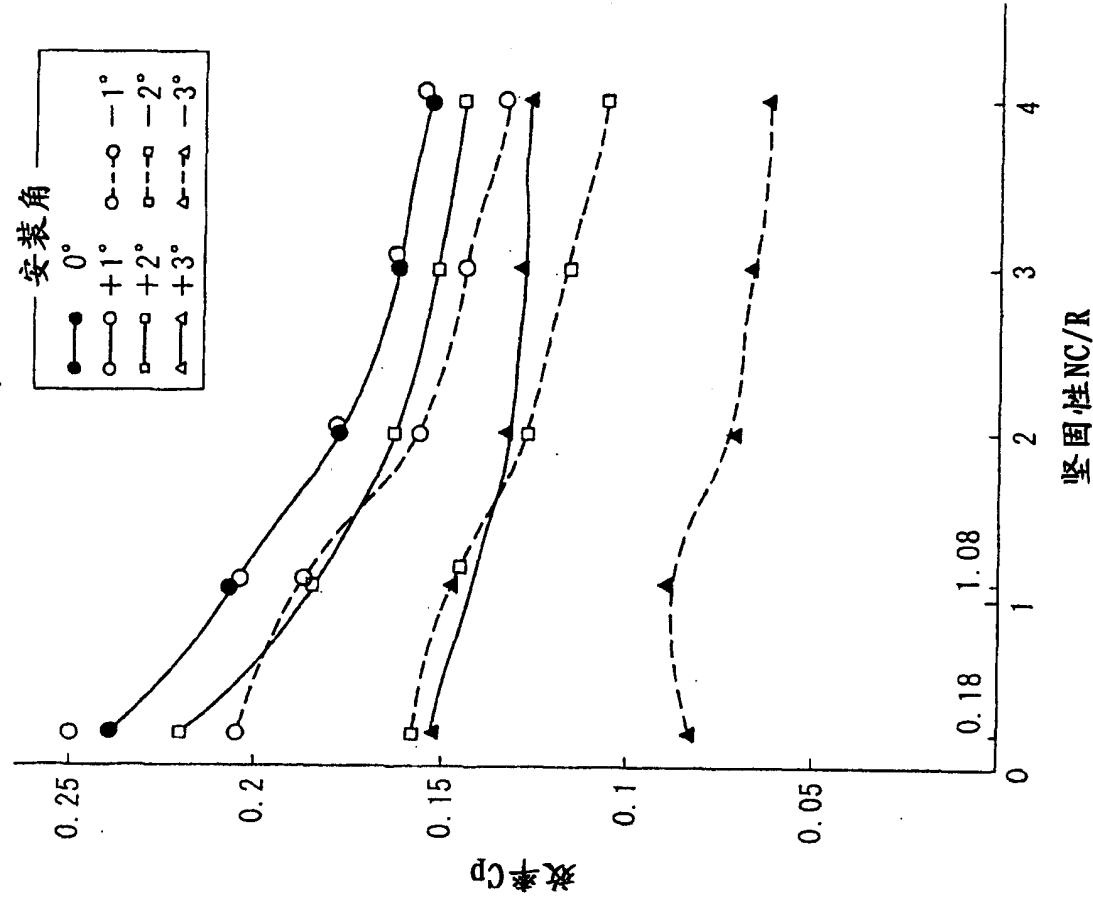


图 9

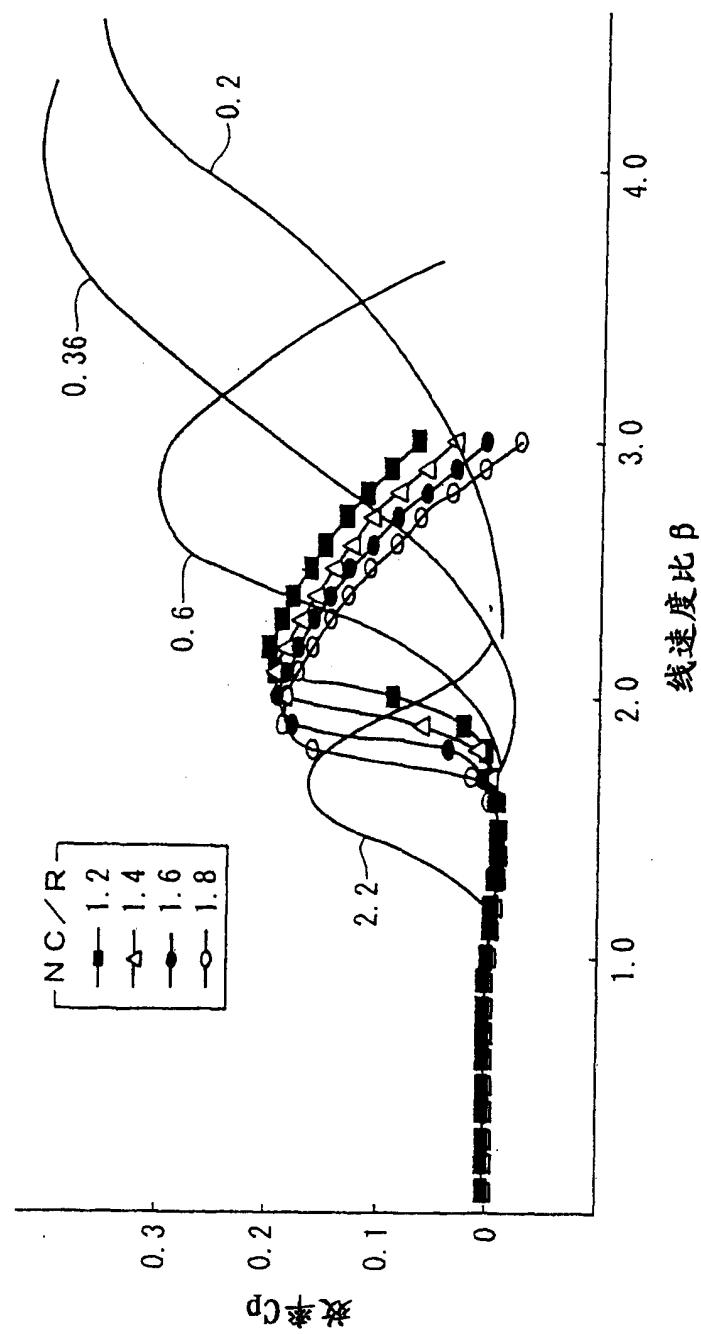


图10

