



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 88101156.8

[51] Int.Cl<sup>4</sup>  
F03D 7/04

[43] 公开日 1989年9月13日

[22] 申请日 88.2.29  
[71] 申请人 达亚能源有限公司  
地址 香港北角屈臣氏大厦 A 座十二楼 1105 室  
[72] 发明人 克林特·科尔曼

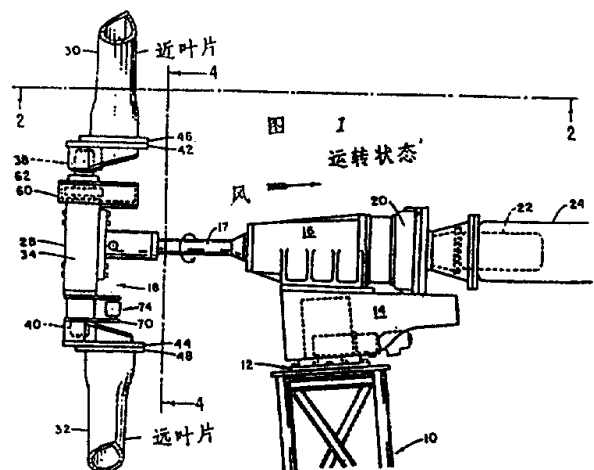
[74] 专利代理机构 中国专利代理有限公司  
代理人 林东晖

说明书页数: 8 附图页数: 5

## [54] 发明名称 风力涡轮桨距控制毂

### [57] 摘要

在变桨距风力涡轮系统中, 桨距角度决定于一个连接在叶片调桨轴上的曲柄之间的气液致动器。液压回路在转子传动轴中同心穿过, 通过旋转管接头, 达到偏转承载器上的充气蓄能器。调桨轴线由齿轮系正连接, 作 1:1 的逆旋转, 最好在转子轴线的一侧, 与液压致动器相对。



1. 变桨距控制风力涡轮毂中有下列各项：

一个壳体将一对有间距的平行叶片调桨轴线限制在一个平面中，这平面和该两调桨轴线间的中点附近的转子轴线相交，

一对叶片轴，支承在该壳上，围绕相应的调桨轴线至少作一部分旋转，

一个齿轮系（装置）在该两调桨轴线（在该转子轴线的一侧）之间横向连接，将该叶片轴直接连接作逆旋转，以承受叶片的交变负荷，并使两叶片的桨距角度互相关连，

与该齿轮系分离并不直接对该齿轮系作用的机械控制装置，将该叶片轴向一个标定的起动桨距角度偏压，以承受叶片的总负荷，主动决定运转时的桨距角度。

2. 如权利要求1 中之毂，其特征为该齿轮系有四个一组的共面正齿轮。

3. 如权利要求2 中之毂，其特征为四个正齿轮有两个主动齿轮，各在相应的调桨轴上同轴安装，至少有两个传动齿轮和主动齿轮作传动连接。

4. 如权利要求1 中之毂，其特征为该控制装置中有下列各项：

各叶片轴有一个径向伸展的曲柄，

在该曲柄之间连接的装置，将曲柄的相对位移随叶片负荷变化，作可控制的变化。

5. 如权利要求4 中之毂，其特征为在该曲柄之间连接的该机械控制装置有一个线性致动器，其缸体和一曲柄作枢轴连接，一个活塞杆和另一曲柄作枢轴连接。

6. 如权利要求5 中之毂，其特征为该线性致动器为液压缸。

7. 如权利要求5中之毂，而另有一液压系统，其中有加压装置和与该转子轴线同轴线的液压回路，将该加压装置和该液压缸连接。

8. 如权利要求7中之毂，其特征为该加压装置和该转子轴线相对固定。

9. 如权利要求8中之毂，其特征为该液压系统另有在液压回路装置中的开关阀装置，以便作手动顺桨。

10. 如权利要求6中之毂，其特征为该线性致动器有弹簧加载。

11. 如权利要求5中之毂，而另有一对圆形叶片安装法兰，各决定一个叶片安装法兰平面，有装置将各安装法兰和相应叶片轴偏心连接，法兰平面横向调桨轴线，而叶片法兰的中心偏置。

12. 如权利要求11中之毂，其特征为各叶片安装法兰在同一方向上偏置，曲柄大致向相应叶片法兰的轴线伸展。

13. 变桨距控制风力涡轮系统中有下列各项：

一个偏转承载器，

一个转子，其中有一个毂，至少有两个可变桨距的叶片，安装在偏移的调桨轴上的毂上，

传动轴装置将该转子和该承载器作可旋转的连接，

一个液压致动器(装置)直接枢轴连接在该两调桨轴之间，从而相应的叶片桨距负荷通过该致动器互相直接作用，

该承载器上的充气液压蓄能器，向里面的压油加压，

液压连杆装置将该压液引导，使该致动器装置和该蓄能器装置连接。

14. 如权利要求13中之系统，而另有装置将该调桨轴作1:1的逆旋转。

15. 如权利要求13中之系统，而另有阀装置按照停机指令，释放该液压杆系装置中的压力。

16. 如权利要求15中之系统，而另有电机泵装置，将压液注入该蓄能器装置，通过该液压杆系，升高到预定的工作压力。

17. 如权利要求16中之系统，而另有压力开关装置和该液压杆系连接，向该电机泵装置通电或断电，保持额定工作压力。

18. 如权利要求15中之系统，其特征为该阀装置为电磁阀。

19. 如权利要求13中之系统，其特征为该杆系装置在该传动轴装置中基本同心穿过。

20. 变桨距控制风力涡轮毂中有下列各项：

一个壳体将一对有间距的平行叶片调桨轴线限制在一个平面中，这平面和该两调桨轴线间的中点附近的转子轴线相交，

一对涡轮叶片轴支承在该壳上，围绕相应的调桨轴线至少作一部分旋转，

一个在该调桨轴线之间横向连接的共面齿轮系，和该叶片轴直接连接作逆向旋转，承受叶片的交变负荷，并使叶片的桨距角互相关连，

安装在与该齿轮系有间距的该一对叶片轴上的一对相应的曲柄，

一个可遥控的气液线性致动器，在该曲柄之间直接连接。

21. 如权利要求20中之毂，其特征为该齿轮系连接该转子轴线一侧的该轴，该线性致动器连接在该转子轴线另一侧的该轴间。

22. 如权利要求1中之毂，其特征为该壳体中有一个弹性体的摇摆毂。

## 风力涡轮桨距控制毂

本发明由香港达亚能源有限公司(Delta Energy Ltd., Hong Kong)申请专利。发明一般有关风力涡轮转子的控制系统，具体有关用于发电机风力涡轮的叶片桨距的自动控制系统，发电机与供电网相连。叶片的角度即桨距可以控制，以调节输出扭矩，并在一个风速设计范围内，取得最高的输出功率。这是一种全机械式的消极系统，特别理想，因为相对不受环境因素和传感系统或控制系统故障的影响，故有可靠性。

多数现有的桨距可控的转子用积极桨距控制。传感器对需要作感测，使电动系统或液力系统将桨距变化。这种系统的本质上的潜在弱点，是当传感系统，或微处理系统或促动系统或机构发生故障时，不能调节到大桨距角，将涡轮减速或停止。

而相反，即使控制系统已发生故障，消极自动复原系统可自动回到安全桨距，即大角桨距。

本发明的一般目的，是利用一个可靠的动力机械系统，控制变桨距风力涡轮的输出扭矩，它随风力负荷和离心输入造成的叶片力矩变化，自动控制叶片的桨距。

在本发明的一种双叶片转子的消极桨距控制系统中，两叶片平行调桨轴，直接用一个齿输系连接。桨距角度取决于在两叶片轴上的曲柄之间连接的的气液线性致动器。液压管路同心穿过转子传动轴，通过一个旋转管接头，连接一个充气蓄能器。

在有摇摆毂的逆风稳定偏转风力涡轮的理想构形中，平行叶片调桨轴线形成一个转子平面，横向转子传动轴线，转子传动轴线在两调桨轴线间的中点，和转子平面相交。分别和调桨轴线同轴线的调桨轴支承在毂壳上。叶片轴端互相搭接一个相当大的长度。在理想实施方案中，齿轮系将两轴在转子轴线的一侧连接。在另一侧上有一个线性致动器在轴上的曲柄之间连接。致动器最好和齿轮系并联工作。在叶片调桨轴之间的可伸缩液压杆系和“气压弹簧”，为手动提供直接超控能力，并可通过叶片顺桨自动停机。

图1 为本发明塔式双叶片逆风涡轮的侧示，其桨距控制转子毂处于工作状态。

图2 为风力涡轮沿图1,2-2 线的俯视图。

图3 为转子毂沿图1,3-3 线的仰视图。

图4 为图1 中毂的轴端沿4-4 线的剖视图。

图5 为液压系统的示意。

图6 为设有本发明桨距控制毂的风力涡轮，其预测功率相对于风速的曲线。

图1 示与用电网络同步相连的发电机使用的稳定偏转逆风双叶片风力涡轮的安装。一个塔座10支持离地约70英尺的水平转台组合件12。一个承载器14安装在转台组合件12上，围绕转台组合件12的垂直轴线，作偏转方向的旋转。承载器14上安装传动轴壳16，用壳16支承里面的高扭矩空心传动轴17。

双叶片转子18和传动轴的前端连接，传动轴后端通过齿轮箱20，连接一对感应式发电机22及24，发电机可分别在高低风速条件下作最佳化运转，从而使转子可按两个相应的设计要求，在最佳运转速度下旋转。安装在齿轮箱输出轴上的超转斜撑离合器(未示)，可减少动力系控制循环和继电器盒的数目，从而增长设备的总寿命，并减少保养。

单向的斜撑离合器可改进交流发电机/电网的连接和分离。

转子18一般有一个矩形的轂28，如图4所示，在传动轴线a上旋转。轂28上安装两个相同的风力涡轮叶片30和32。在额定100千瓦的设计中，转子叶片的直径约为58英尺。理想的叶片有零度锥度，设有弹性体的摇摆轂。转子的设计为两速运转(48/72转/每分钟)应在约7英里/每小时的速度下自动起动。设计的叶尖速比为7-9。

图2-4示轂28的细节。轂28有一对圆筒轴承34和36，叶片轴38及40分别支承在里面作旋转，圆筒轴承34及36分别决定叶片调桨轴线b及c的位置。圆偏心安装突缘42及44分别连接叶片调桨轴38及40的相对两端。叶片30及32(图1)有匹配的突缘46及48，分别用螺栓安装在突缘42及44上。

轴承圆筒34及36用与之焊接的箱形管横撑50及52，形成一个坚固的刚性方框。转子轴17和轂连接，如图3及4所示。安装支架54将摇摆轂组合件55，和箱形管50及52刚性连接。一个齿轮箱60跨在轴承圆筒34及36的相应端部上。四个一组的正齿轮60'安装在齿轮箱中旋转，如图1及4所示。原型齿轮节圆直径为9英寸。两个驱动齿轮62及64，在调桨轴38及40上同轴安装。偏心的安装突缘42和正齿轮62连接。两个轴齿轮62及64用一对传动齿轮66及68连接作传动，它们支承在齿轮箱60中，和轴线b及c形成的平面偏置，如图4所示。

在轴承圆筒34及36的另端上，轴线由一个旋转偏压组合件连接，组合件中有一对放置方向相同的曲拐70及72，分别和调桨轴38及40刚性连接。需要时可将曲拐72和偏心安装突缘44一体铸成。曲拐70及72的外端和液压线性致动器74作枢轴连接，致动器74有缸体76，与曲拐70作枢轴连接，活塞杆78在缸中滑动，与曲拐72作枢轴连接。在理想上，为了使设计尽可能紧凑，曲拐向着圆形安装突缘伸展，方向与齿轮箱60的隆突中心部分相同，如图2所示。需要时线性致动器74可设

弹簧偏压件辅助。

液压系统如图5 简示。液压管路在转子传动轴中，向着齿轮箱20同心穿过，通过一旋转接头管件和气压蓄能器连接，其他组件安装在偏转承载器14中，如图5 所示。将阀转到关闭位置上时便将压液自由通向油槽，使离心力将叶片完全顺桨。

图5 中的液压系统用于控制桨距致动器74，使两叶片在顺桨和工作状态之间调距约 $70^\circ$ 。运转时，离心力和叶片上的空气动力负荷造成的调桨力矩，倾向于将活塞杆从往复缸中抽出。这力矩随风速增高，并且方向与风向相同。有一个囊式充气蓄能器80，吸收活塞杆78伸长造成的调桨力矩而挤出往复缸的液体。充气囊起弹簧作用，吸收空气动力力矩的力，从而提供增高的恢复力矩，将叶片送回到工作状态上。

液压系统的某些元件放在一个NEMA 4箱内如图5 所示(NEMA 为美国全国电气制造商协会)

这系统有四个工况：

- A. 加压开始工序；
- B. 负荷下向顺桨的桨距；
- C. 卸荷时向工作状态的桨距；
- D. 迅速顺桨( 指令停车) 。

通电时停车阀82关闭，电机泵84起动，将系统压力增至运转压力。蓄能器80中的气体弹簧压力和液体存量平衡，往复缸76完全后退到开始时的位置上( 在图5 中和工作状态位置相对)。达到运转压力时，泵84经压力开关86使其不动。需要时泵起动，以维持压力开关范围要求的系统压力。但泵停止工作时，逆止阀88和液压系统隔绝。

在工况B 中( 桨距在负荷下转向顺桨)，风速增高时涡轮运转中的离心力和空气动力的增大的调桨力矩，倾向于将活塞杆78从往复缸76中抽出。往复缸排出的液体，将被通过液压回路，吸入蓄能器80，回

路中有放气阀90，速断器92，从涡轮轴17和旋转接头94中通过的液压回路，速断器96，逆止阀98，速断器100和减压器102。液体存量的增高将增高蓄能器80中的气体弹簧压力和系统压力。蓄能器尺寸要求，应能吸收最高系统压力下的存量。从往复缸流入蓄能器的液体，倾向于将转子叶片顺桨。

在工况C中(叶片上卸荷时桨距向运转状态转变),压液反向流动。当叶片上的调桨力矩因风速减低而减小时，蓄能器80中的气体弹力提供控制力，将往复缸74回复到工作位置上。这控制力在工况B中，因弹簧压缩而存储。当弹簧向平衡状态退回时，液体被从蓄能器排出，通出有阀104而无逆止阀98的相同的液压回路，进入致动器。

涡轮运转时工况B及C经常出现。由于流动摩擦和致动器摩擦造成存储能量的损耗，便必须桨泵起动，维持系统中的压力。

工况D(作停机的迅速顺桨)是通过将电磁阀82断电，使压液排向储液槽106而取得。往复缸76排出的液体，由离心力或空气动力顺桨力矩，经逆止阀98通过电磁阀82，排入储液槽。从蓄能器排出的液流也被引入储液槽。停机后必须将泵84重新起动，恢复系统压力。

在叶片上增高风力负荷造成叶片力矩上升，它扭转调桨轴。这增高的扭矩将遇到线性致动器74愈益增强的阻力。风力负荷越大，叶片的控制力矩也越大，叶片便更倾向于顺桨。

如图6中关于本方案的曲线所示，所作的功率曲线包括7至30英里/小时风速的范围。在线性致动器74中增加一个弹簧，可使运转的曲线包络增宽。曲线的形状，最大功率输出平直段曲线，和停机倾斜段功率曲线，都决定于随风速变化的桨距变化程序。双下斜曲线表示消极控制的设计标准，消极控制可采用液力，或在负荷控制区域中，增加弹簧偏压的结合。消极控制的叶片桨距角度近似值用曲线表示。

叶片桨距控制器为一个消极机械装置，使叶片可在条件变化时，

在调桨自由度中，自行寻找平衡位置。若干调桨力矩综合，决定转子的桨距平衡程序。叶型，叶片推力偏置和叶片离心力偏置产生调桨力矩，其矢量和决定桨距平衡程序，桨距平衡程序又决定功率曲线特征。各力矩的大小和变化，可通过审慎放置叶片重心轴线，控制轴线和空气动力轴线等的偏置而予以改变。叶片的后掠和锥形轴线的欧拉角，在作分析时和摇摆动态回授角 $\Delta 1$  及 $\Delta 3$  都同样重要。

这全消极转子控制系统利用风力，和叶片固有的惯力，自动改变转子的桨距，在阵风，劲风和无负荷下保护涡轮。选择适当的气压弹簧，可在给定的位置上将转子桨距调节，以取得最大的功率曲线。自动转子毂提供的可靠性和安全性水平可以省去制动器，使顺桨可手动操作。

本申请揭示的为利用桨距控制毂而设计的100 千瓦风力涡轮系统，还有下列的机械技术要求：

齿轮箱20：

两输出的速比为25:1及37.5:1

全负荷效率95%

低起动扭矩

第一级行星齿轮

有双输出的第二级螺旋齿轮

输出的单向斜撑离合器

双封结构

连续油润滑轴承

发电机：

功率	100 千瓦	20千瓦
转速	1800转/ 分钟	1800转/ 分钟
型式	感应式	感应式

	480 交流电压	480 交流电压
功率因数	0.95	0.85
效率	94%	91%
基架	405 涡轮传动	284 涡轮传动
	防滴式	防滴式
结构	H 类	H 类

偏转驱动：

驱动偏转率  $4^\circ / \text{每秒}$

有超速的惰行设计

齿轮比 800:1

1/2 马力可逆感应式电动机

调桨轴上的齿轮62及64最好用加热硬化处理的齿轮，AGMA（美国齿轮制造商协会）公差级为11。最好将这些齿轮在调桨轴上红套安装，转子叶片的安装突缘用圆锥夹具（未示），在齿轮和轴上作可调节的安装，夹具可调松，使叶片可作十分之一度的“配时”，然后拧紧。空套齿轮可推拉并旋转，以啮合新齿。由于空套齿轮可更换，所以可以用比端部齿轮较软的金属制造，适应磨损。为便于调节最好将空套齿轮安装在偏心件上。

这种轂的设计可处理中尺寸范围双叶片风力涡轮的极端交变负荷，尺寸范围为50至80英尺。叶片重量以半径的三次幂增长。轂和叶片上的重力负荷，在叶片绕转子轴线旋转时，随叶片的定向变化。此外，由于叶片的重心在调桨轴线的后方，重力项对桨距角度有次要的与角度相关的交变作用。这交变的加荷卸荷由刚性架轂的设计承受。

和角速度平方成正比的离心力项，在设计中比空气动力项重要，便可使转速在叶片调桨力矩中反映出来。

如有需要，可用若干压力不同的蓄能器，可用一个或多个致动器

处理不同的负荷范围。然而单致动器/单蓄能器可表现为一个精巧的概括一切的桨距控制设计。

除图6所示的正常运转外，桨距控制毂还可补偿阵风 and 电力负荷的损失。阵风在叶片上，反映为由于控制轴线偏置造成的下俯力矩的增大。这便造成桨距角的相应直接变化，由叶片的惯力修正，释放叶片的弯矩。桨距控制毂的消极弹簧装置，不会产生高的扭矩峰值和叶片的瞬时弯矩，而通过阵风负荷的相应消极释放使之减小。

随着负荷的降低便产生转子的相应超速。消极转子的设计还可将超速造成的负荷下降控制在安全限度内。最后，使用消极桨距控制毂还可省去复杂的电子控制逻辑，交互传感器和难于检查而运转程序复杂的回授回路。在叶片桨距负荷和气压弹簧间使用伸缩式液压杆系，形成直接而有效的超控能力，更进一步提高系统的可靠性。通过叶片的顺桨提供自动和手动的停机功能，便不需增加制动元件或控制元件。

上述的实施方案目的只为作解说而不为作限制。可对揭示的系统作许多变化和增减而不脱离发明的原理和精神。例如可对正齿轮62，64，66及68的传动系按需要作改变，产生与叶片直接连接的逆旋转。并且，齿轮系和线性致动器沿调桨轴线b和c的位置可以改变。如有足够空间，还可将传动系放在其他位置上，例如放在毂的中心上，将一个（如图示）或多个线性致动器和伸出轴承圆筒的叶片轴端上的曲拐连接。还可对液压系统作其他的修改。例如可用一个双作用缸，需要时将叶片主动推到全顺桨状态。无论如何本发明的范围决定于后附的权利要求书，和与之等同的文字。

# 说明书附图

图 2  
运转状态

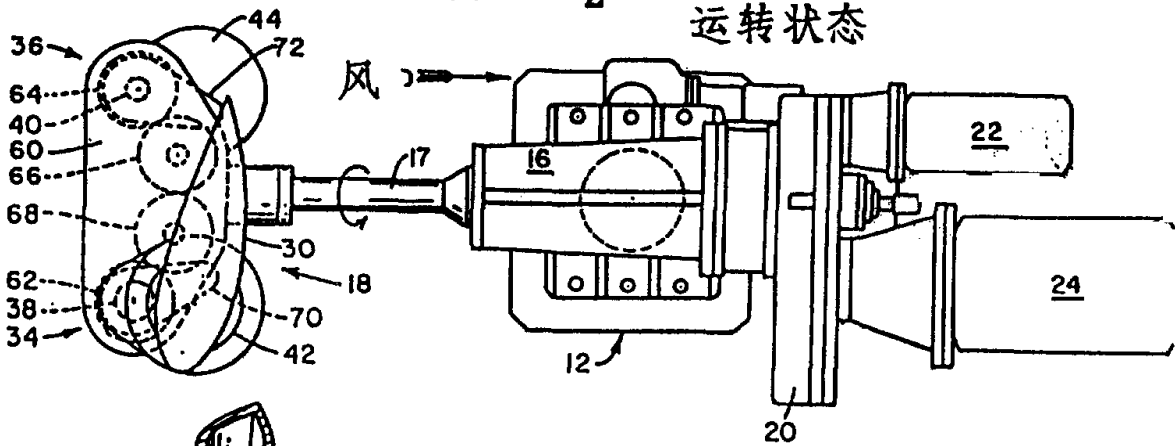


图 1  
运转状态

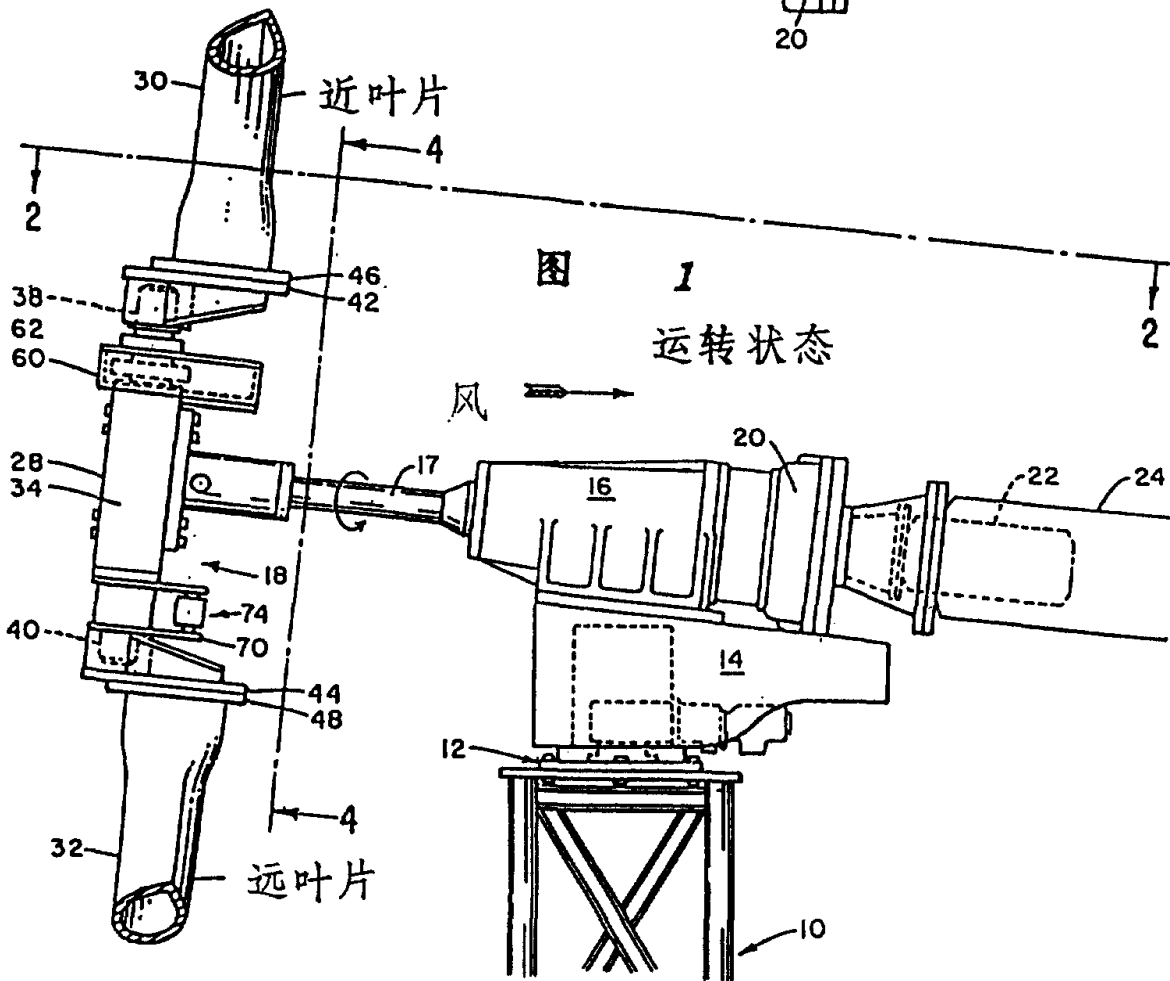


图 3  
运转状态

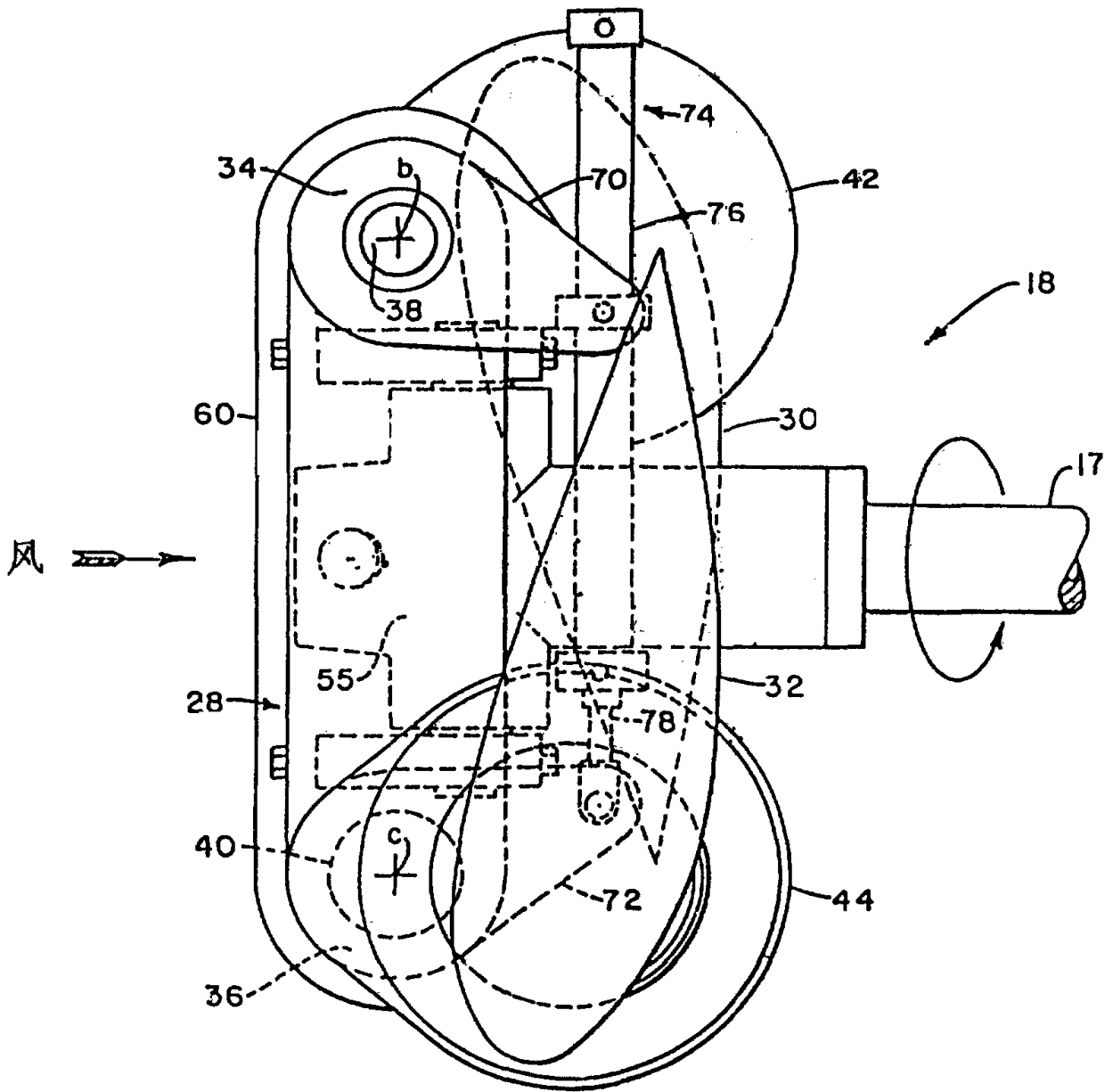


图 4  
停机状态

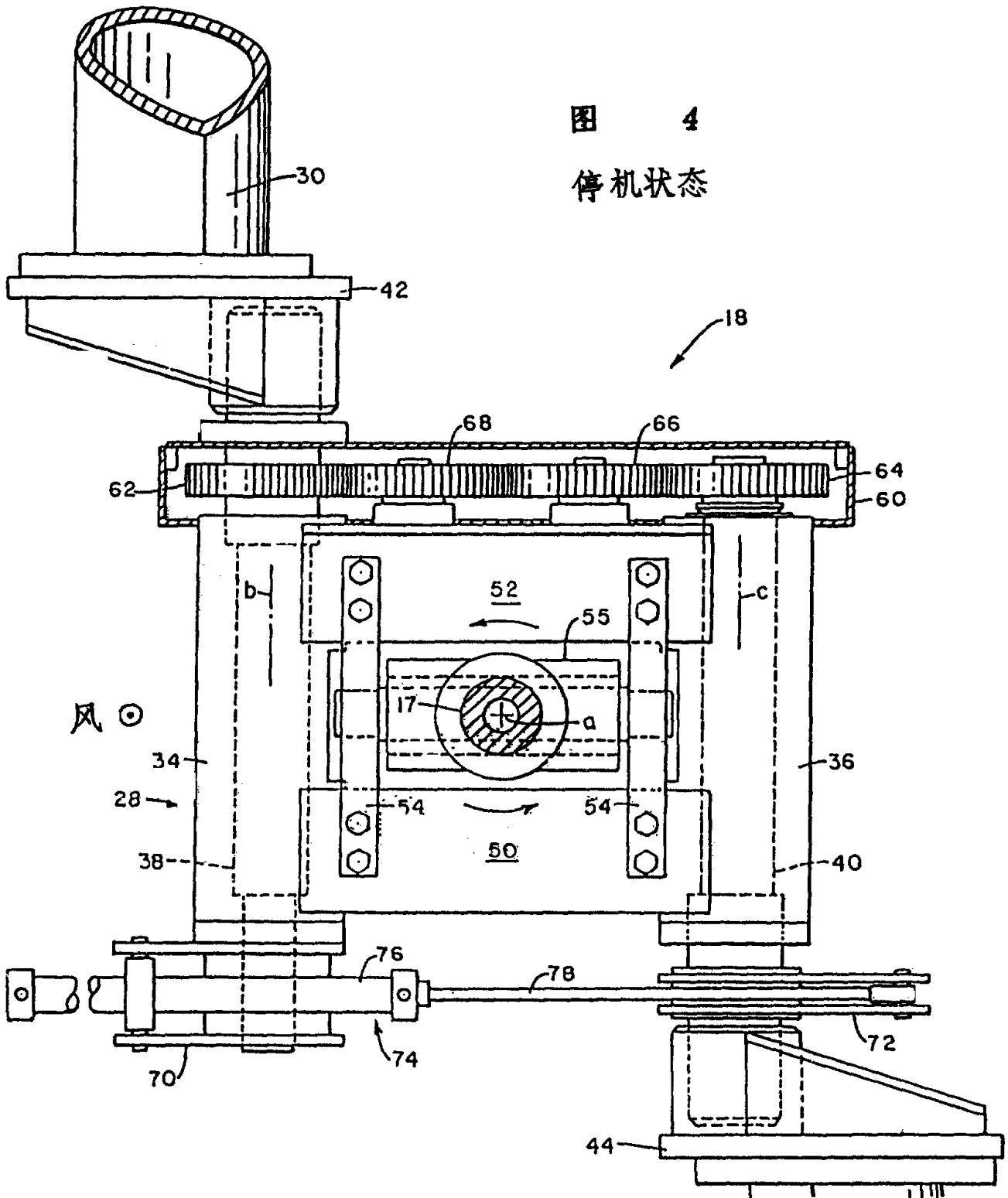
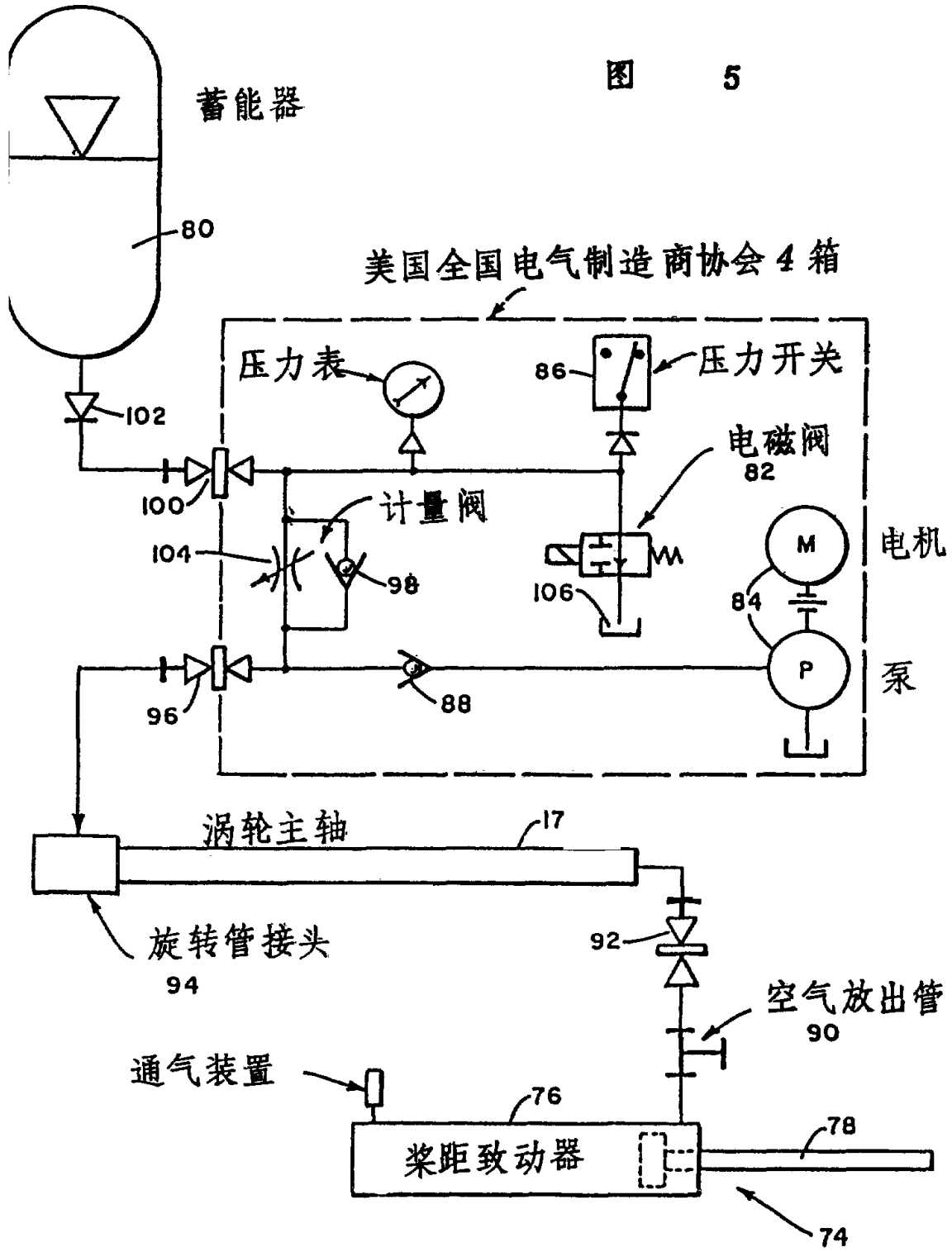


图 5



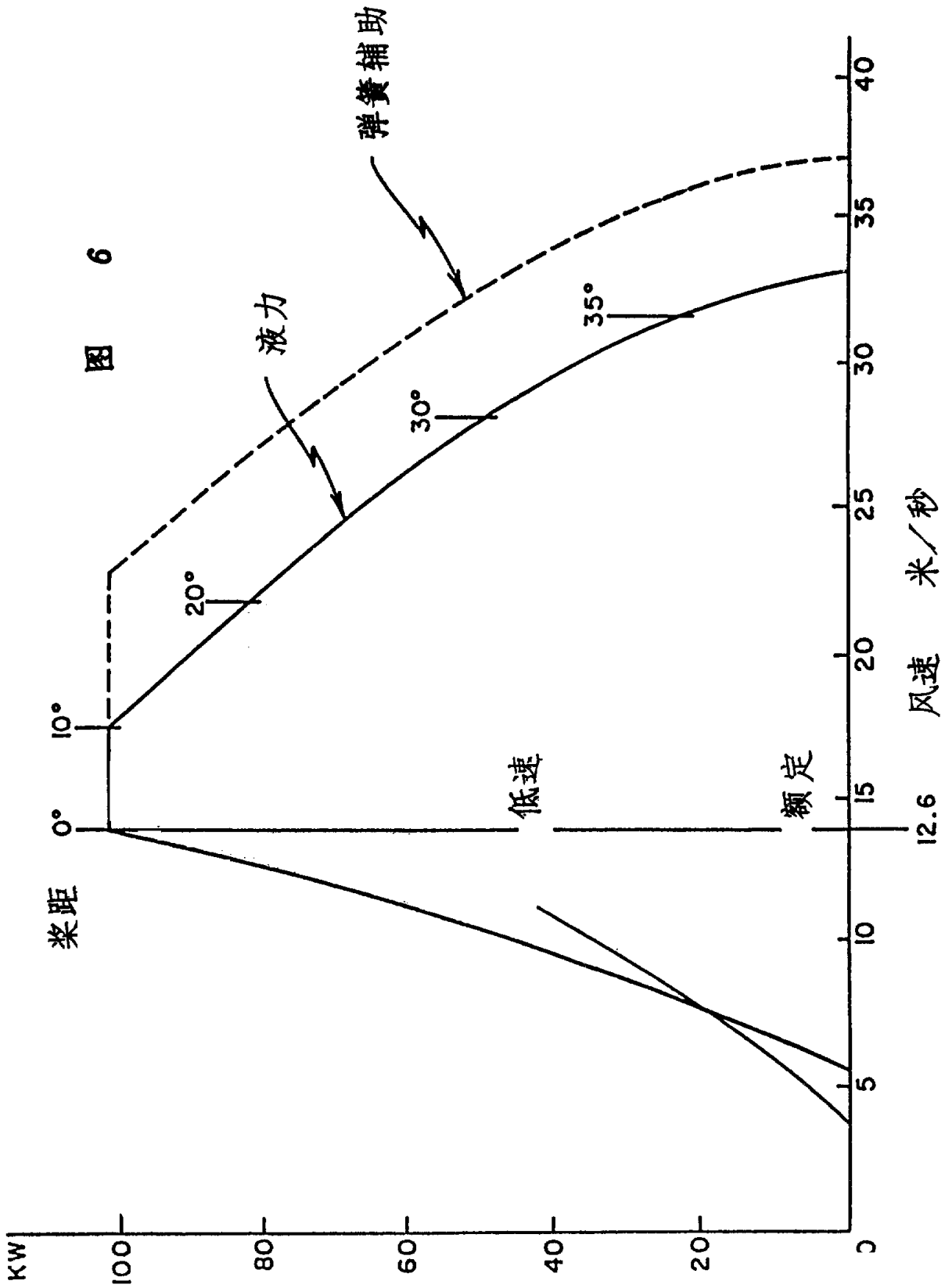


图 6