



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03806772.2

[43] 公开日 2005 年 7 月 20 日

[11] 公开号 CN 1643250A

[22] 申请日 2003.1.24 [21] 申请号 03806772.2

[30] 优先权

[32] 2002. 1. 25 [33] US [31] 10/056,946

[86] 国际申请 PCT/US2003/002343 2003. 1. 24

[87] 国际公布 WO2003/064852 英 2003. 8. 7

[85] 进入国家阶段日期 2004. 9. 23

[71] 申请人 风力收获公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 R·N·托马斯

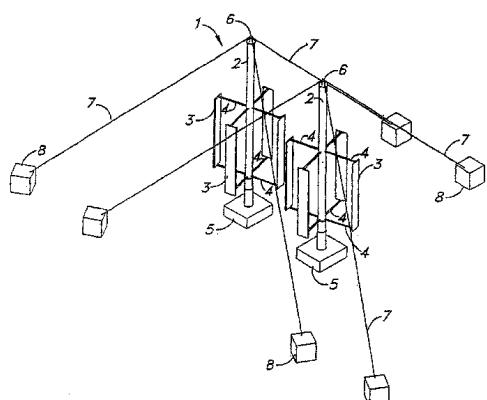
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 周备麟

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 10 页

[54] 发明名称 耦合涡流垂直轴式风力涡轮机

[57] 摘要

一对垂直轴式风力涡轮机(1)彼此邻近设置，这样它们的涡流交互作用，从而提供增强的空气动力学效率。在保证机械和人员安全的同时，尽可能将风力涡轮机(1)设置得近一些。相邻的风力涡轮机(1)朝相反的方向转动，从而加强耦合涡流效果。可以将垂直轴式涡轮机(1)放在一排水平轴式涡轮机下方，形成“灌木丛”式结构，从而在一块场地提取更多的能量。垂直轴式涡轮机(1)包括一个简单的、双重的、故障—保护制动系统(14, 15)，该系统在故障清除后能够自动复置。该制动系统包括机械制动器(14, 15)和空气动力学制动器(23)，还包括一个速度调节器，当主制动器发生故障时，该速度控制器能够使风力涡轮机停止运行。



1. 一对风力涡轮机，其中每个风力涡轮机包括：  
一根绕垂直轴线转动的轴；  
5      一个连接到该轴并随之旋转的叶片，其中所述叶片被配置在离该轴径向外一预定半径处；和  
一个制动系统，当启动该系统时该制动系统使叶片倾斜；  
其中该对风力涡轮机的轴彼此分隔的距离小于所述半径的三倍。
2. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于第一风力涡轮机的轴沿第一预定方向旋转，而第二风力涡轮机的轴沿与所述一个风力涡轮机旋转方向相反的方向旋转。  
10
3. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于该对风力涡轮机的轴彼此分隔的距离大于所述半径的两倍，但小于所述半径的两倍加 10 英尺。  
15
4. 如权利要求 3 所述的风力涡轮机，其特征在于该对风力涡轮机的轴彼此分隔的距离大于所述半径的两倍，但小于所述半径的两倍加 5 英尺。
5. 如权利要求 3 所述的风力涡轮机，其特征在于该对风力涡轮机的轴彼此分隔的距离基本上等于所述半径的两倍加上 3 英尺。  
20
6. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于所述风力涡轮机的转子密实度大于 30%，小于 40%。
7. 如权利要求 6 所述的风力涡轮机，其特征在于所述风力涡轮机的转子密实度基本上是 33%。  
25
8. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于所述制动系统是一种自动防止故障制动系统。
9. 如权利要求 8 所述的风力涡轮机，其特征在于所述制动系统是自动复位的。  
25
10. 如权利要求 8 所述的风力涡轮机，其特征在于所述制动系统包括一个气动作动器。
11. 如权利要求 10 所述的风力涡轮机，其特征在于在该对风力涡轮机中，有一个独立的空气压缩机为这两个风力涡轮机的气动装置提供压缩空气。  
30
12. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于还包括一个第三风力涡

轮机，其中该第三风力涡轮机包括：

- 一个塔；
- 一根绕基本上水平的轴线转动的轴；
- 一个连接到该轴并随之转动的叶片，其中所述叶片扫过的路径限定了具有  
5 上部和下部极限高度的转子； 和

其中所述水平轴式风力涡轮机邻近该对垂直轴式风力涡轮机设置，使得该水平轴式风力涡轮机的下部极限高度高于所述垂直轴式风力涡轮机的顶部。

13. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机，其特征在于所述风力涡轮机被安装在一个具有主导风向的位置，并且在该对风力涡轮机的轴之间的连线基本上垂  
10 直于所述主导风向。

## 耦合涡流垂直轴式风力涡轮机

### 5 发明领域

本发明涉及风力涡轮机发动机领域，尤其是涉及绕垂直轴线转动的风力涡轮机。

### 发明背景

10 垂直轴式风力涡轮机已知有很多年。垂直轴式涡轮机的最常见的结构是 Darrius 涡轮机，它应用了 troposkien 形状的弧形叶片。其它的垂直轴式涡轮机应用了直叶片，这些叶片通过一个或多个叶片支撑臂连接到一根垂直轴上。

15 现代的垂直轴式涡轮机应用了提供了升力的翼面，而不是靠空气动力学拉力向转子提供原动力。这种产生升力的翼面的应用，与拖拉式装置相比大大提高了转子的空气动力学效率。但是，即使应用了产生升力的翼面，传统的垂直轴式涡轮机与水平轴式涡轮机相比仍然有许多缺点。绝大多数的垂直轴式风力涡轮机所能达到的峰值空气动力学效率大约为 25-30%。而且垂直轴式风力涡轮机不是固有的自启动，而需要应用启动马达，以使它们开始转动。针对这种基本的垂直轴式风力涡轮机的多种改进致力于解决这些固有问题。

20 美国专利 4, 115, 027 公开了一种垂直轴式、提升式风车，该专利的说明书合并且此作为参考。提供空气动力学升力的垂直翼面被安装到围绕中心轴的支柱上，以形成转子。

25 美国专利 5, 027, 696 和 5, 332, 925 公开了美国专利 4, 115, 027 中风车的各种改进，这两篇专利的说明书合并且此作为参考。所述改进包括一种新的制动系统，厚翼面的应用，驱动皮带传动，两速度运行，和可转定子，它们在高风力期间提高了效率，限制了结构负荷。

30 所有上面引用专利中的风力涡轮机都在转子外侧应用了静止的整流罩，以引导风流穿过转子并提高效率。尽管已经发现这种方法显著了提高风力涡轮机的性能（测得空气动力学效率已高达 52%），但是也导致了额外的必须得到支撑的结构，增加了平面面积，这就在暴风条件下提高了施加在结构上的风力负荷。因此理想的是在不需要诸如静止的整流罩之类的结构元件的情况下也能够

达到相似的性能上的改进。

上述引用专利中的风力涡轮机还应用了机械的制动系统，已经发现，这种制动系统很可靠，但它也需要在致动后人工复位。如果操作者不是所有时间都在场的话，这就会导致高的涡轮机停机时间并降低有效性。因此希望引入一种  
5 制动系统，当涡轮机系统中发生故障时，它自动工作，而在排除故障后，它能够自动复位并使涡轮机恢复工作。

希望提供一种垂直轴式风力涡轮机，在需要最小的支撑结构的同时，能够达到高空气动力学效率。还希望提供一种垂直轴式风力涡轮机，它适于以“灌木树”式结构而应用在一排现有的水平轴式风力涡轮机的下面，从而使得在一块场地上的能源产出最大化。  
10 还希望提供一种垂直轴式风力涡轮机，它引入了一种坚固的、可靠的自动空气动力学和机械制动系统，在排除故障后它能自动复位。而且，还希望通过向需要更经常关注的零部件（例如齿轮箱和发动机）提供简单的入口，来使得维修频率和困难最小化。  
15 还希望，通过应用拉杆结构或拉杆与外部支撑框架相结合的方式，而不是应用外部支撑框架，来使涡轮机结构简化。一种外部拉线结构会使所需零件数目最小化。这些结构也能够提供更清晰的空气动力学流量场，以加强涡轮机的涡流效果。还希望提高涡轮机的涡流效果，并通过应用高密实度的转子来提高自启动能力。

### 发明概述

本发明通过使两个相邻的风力涡轮机的涡流交互作用和应用高密实度  
20 (solidity) 的转子，提供了一种具有提高了的空气动力学效率的风力涡轮机。涡流交互作用是相邻涡轮机的紧密设置和它们相对于主导风向的角度方位的结果。相邻的涡轮机还必须朝相反的方向旋转，以获得耦合涡流交互作用。

在提供了缆索到缆索和缆索到转子间隙的交错排列结构中，通过应用三个或四个缆索支撑点结构，可以将拉杆结构紧密地布置成在一排式结构。可以将  
25 风力涡轮机排列成一长排耦合的风力涡轮机，在整排风力涡轮机中空气动力学效应得到加强。涡轮机的排列方向应该与主导风向相垂直。涡轮机的这种定向特别适于那些具有强势主导风向并且极少发生方向变化的地理位置。

可以将一排耦合涡流涡轮机设置在一排水平轴式涡轮机的下面。这种“灌木丛”式结构将在一块地方所能够获得的捕捉能量最大化。由于在水平轴式涡  
30 轮机的下方还有垂直轴式涡轮机，还可以提高水平轴式涡轮机的空气动力学性

能。这排垂直轴式涡轮机还可以产生垂直混合效应，使得高能风流进入水平轴式风力涡轮机的风流场。

该涡轮机应用了一种气动制动系统，在故障已经清除后，该系统能够自动断路并使涡轮机重新开始运行。通过一个配重给气动制动器加偏压，这样通常 5 通过配重而应用制动器，当气动缸被加压以提升制动器和配重时断开制动。通常情况下关闭的电磁阀控制施加到气动缸上的气压。该阀是电流激励的。当电源关闭时，电磁阀打开向气动缸释放气压。当电源恢复时，电磁阀关闭并且压缩机给气动缸加压以提升配重并断开制动器。这就保证，在电源断开的情况下，会应用制动器使涡轮机停止运行，而当电源恢复时制动器会被断开。提供了一个拨动开关，如果电源没有断开，但由于某种原因，发动机不能工作时，它就 10 用于打开电磁阀。

一连接件将机械制动器与一系统相连，以调节叶片间距。当应用制动器时，叶片倾斜 45 度角以用作拖拉制动器。这样，涡轮机就具有富余的机械和空气动力学制动，从而保证更高的可靠性。

15 将经受高磨损并需要维护的涡轮机零部件设置在地平面上。涡轮机的拉杆由一对位于该拉杆底部的轴承支撑。这两个轴承在垂直方向上分离开大约三英尺。这两个轴承中最上面的一个保持在固定位置处，并且仅仅支撑主轴的静止重。最下面的轴承可在水平方向上自由滑动，从而允许拉杆摇摆。下面的轴承支撑叶片的重量和并承受在转子上的气动阻力皮带来的垂直方向上的力。在上部轴承上的负荷足够小，这样轴承就延长了涡轮机的寿命。下部轴承设置在它能被易于拆除以便更换轴承座的地方。通过使用一个球轴承的简易支架，可以使下部轴承支撑能够在水平方向上自由移动。

在本发明优选实施方式中，涡轮机包括位于三个叠置模块中的三套叶片。在制动操作期间，只有在最下面模块中的叶片发生倾斜。为了保养的方便，底部的那一套叶片从地面上能够轻易地触及。由于在制动期间的倾斜运动，预计可倾斜的那一套叶片将比其它两套固定间距的叶片需要更多的维护。而这套叶片的磨损状态估计不会高，因为相对来说制动不会经常发生。两个上面的模块使用由轭类附件连接的叶片，其中轭类附件包括耐磨的销连接件，用于抑制叶片发生倾斜运动并使磨损最小化。

30 将拉杆顶上的轴承装入一个缆索附件箱内，并使其免于环境暴露。这将会

降低渗油的需要，并会使磨损最小化。

#### 附图简述

结合附图，从下面更详细的描述中，本发明的其它特征和优点会变得明显，其中：

5 图 1 是根据本发明的拉线式垂直轴式风力涡轮机的透视图。

图 2 是本发明第二种优选实施方式的透视图。

图 3 是根据本发明以耦合涡流结构而排列的两个风力涡轮机的透视图。

图 4 是根据本发明以耦合涡流结构而排列的一对垂直轴式风力涡轮机的顶视简图。

10 图 5 是根据本发明以耦合涡流结构而排列成一排的多个垂直轴式风力涡轮机的透视图。

图 6 是根据本发明以耦合涡流结构而排列成一排的多个垂直轴式风力涡轮机的顶视简图。

15 图 7 是一排垂直轴式风力涡轮机与一排水平轴式风力涡轮机以灌木丛的结构的透视图，其中垂直轴式风力涡轮机以耦合涡流结构而排列。

图 8 是根据本发明的一种传动链和发动机的正视简图。

图 9 是根据本发明的一种制动系统和叶片驱动装置的正视简图。

图 10 是根据本发明的一种制动系统和叶片驱动装置的正视简图，其中制动器处于工作状态。

20 图 11 是根据本发明的一种制动系统断路开关的平面图。

图 12 是一种滚柱轴承曲面的透视图。

#### 发明详述

如图 1 所示，本发明由一种风力涡轮机 1 组成，该风力涡轮机 1 具有一个绕垂直轴线转动的主轴 2。主轴 2 优选由钢管制成，该钢管具有足够大的尺寸和厚度，以在涡轮机运行和高风力期间能够承受压力、扭转和弯曲负荷，涡轮机有可能因为这些负荷而停止转动。有四个叶片 3 与主轴 2 相连。虽然为了保证所期望的密实度，弦长和转子尺寸需要调整，但是叶片的数目可以作为一种设计选择而变化。四个叶片是优选的实施方式。每个叶片 3 都由一对叶片臂 4 连接到主轴 2 上。虽然可以想到为每个叶片 3 应用一个独立的叶片臂 4，但是优选的实施方式是为每个叶片 3 应用两个叶片臂 4。另一种优选的实施方式是，

叶片臂 4 在叶片 3 的末端与每个叶片 3 活动连接，从而降低在叶片上产生的空气动力学的尖端效应，并防止叶片 3 在叶片臂 4 的连接点处产生弯曲应力。优选的是，使叶片 3 通过瞬间活动连接而连接到臂 4 上，例如销连接。

转子的高度 H 根据叶片 3 的长度确定。转子的直径 D 是从轴 2 中心线到 5 叶片 3 的翼弦线之间距离的两倍。转子所扫过的面积确定为转子高度 H 乘以转子直径 D。每个叶片 3 有一个平面面积，等于叶片的翼弦宽度 C 乘以叶片高度 H。因为在转子中有四个叶片，所以所有叶片平面面积之和等于单个叶片平面面积的四倍。所有叶片平面面积之和除以转子扫过的面积被认为是转子的密实度。对于本发明来说，转子的密实度优选为 33%。对于拖拉式风车来说，密实度将远高于 33%，通常是 100%。实验表明，30%~40% 的转子密实度能够提供 10 最佳性能，优选为 33% 的密实度。

主轴 2 在其下端支撑在一个传动链箱 5 中，在其上端由一个轴承 6 支撑。上端的轴承由一组拉缆 7 支撑。因为主轴 2 向上延伸超出顶部那一套叶片臂 4 的距离比一个叶片臂 4 的长度大，所以可以使拉缆 7 以 45 度角延伸至埋在地 15 中的底座 8 上。尽管根据当地土壤条件、地形和其它因素，如果需要的话可以使用四根或更多根拉缆，但图 1 示出了皮带有三根拉缆的结构。

图 2 示出了根据本发明的第二种优选实施方式，其中转子包括三个彼此互相叠置的模块 9。每个模块 9 具有通过叶片臂 4 连接到主轴 2 上的四个叶片 3。在第二种优选实施方式中，每个模块 9 与第一种优选实施方式的转子类似。每个转子模块 9 的密实度介于 30% 到 40% 之间，优选为 33%。在图 2 中示出的 20 三个模块 9 都连接到一个共同的主轴 2 上，这样它们可以一起转动。三个模块 9 的叶片 3 在模块之间以 30 度角交错排列。通过交错排列这些叶片，风力涡轮机的输出是平稳的。尽管在图 2 中示出了三个模块，但是它可以包括两个模块，或可以想到包括四个或更多个模块。

如图 3 所示，如果两个风力涡轮机 1 彼此很接近地设置，那么从这两个转子发出的线性流和涡流相结合，因此这两个转子的效率都提高了。图 4 示出了 25 这两个风力涡轮机的平面视图，可以看到，具有转子直径 D 的涡轮机的中心线相隔距离为 L。如果 L 比 D 稍大，那么转子就会彼此间隔开，间隔的距离 s 等于 L 减去 D。在考虑到合适的机械和人工安全的前提下，在两个转子之间的间距 s 应该尽可能地小。优选为大约 3 英尺的间距。将相邻转子的这种紧密 30

设置归类为耦合涡流配置。在该耦合涡流配置中，这两个转子应该朝相反的方向旋转，从而在空气动力学效率上获得所期望的提高。这两个转子的旋转方向在图 4 中用箭头表示。

在这种耦合涡流配置中，风力涡轮机应该如此确定方向，以使得连接这两个风力涡轮机中心线的线与主导风向垂直。理想的是，相对于图 4 中所示的方向，风力方向最多不应该超过 20 度。在具有强势主导风向的地方，例如在山口处发现可以获得这种风力方向。但是，在没有占优势的主导风力的地方，用于转子的这种耦合涡流配置就不能很好地工作。

如图 5 所示，可以使较长的一排风力涡轮机以耦合涡流配置的方式排列。  
当一长排风力涡轮机这样排列时，每个转子的中心线与相邻转子的中心线相隔距离 L，该距离 L 比转子直径 D 稍大，因此在每对转子之间存在一个小间距 s。如图 6 所示，每个转子应该以与它相邻转子相反的方向旋转。这样，从上面看时，每个第二涡轮机按顺时针旋转，而其间的涡轮机按逆时针旋转。

如图 7 所示，这排风力涡轮机可以位于一排水平轴式涡轮机的下面，从而形成“灌木丛”式结构。这就能在一块地方产生更大的能量输出。它还可以通过使低层的低能量空气与高层的高能量空气混合，或者用高层的高能量空气替换低层的低能量空气，来提高水平轴式风力涡轮机的性能。这种灌木丛式配置的另一种可能的协同作用是，用于水平轴式涡轮机的底座可以改进用作拉缆的定位点，这些拉缆支撑着耦合涡流排列方式的垂直轴式风力涡轮机。这种结构尤其适合于那些具有单向主导风力的地方。

用于本发明中风力涡轮机的传动链与在美国专利 US5,027,696 或 US5,332,925 中描述的类似，这两篇专利合并于此作为参考。如图 8 中简单所示，传动链由一根安装到齿轮箱 10 上的轴组成，该齿轮箱 10 用于将主轴 2 的旋转速度提高到适于驱动发电机的速度。皮带传动 11 将能量从齿轮箱 10 传递到发电机 12。皮带传动 11 可以提供额外的速度增加，并且它还向传动链引入了一定的柔性，用于消除扭矩尖峰。齿轮箱 10 是轴安装型，除非被约束，否则它将向扭矩方向旋转。在优选的实施方式中，将齿轮箱 10 的旋转限制在小角度增加的范围内，这样皮带的张力会从松（没有下降）到紧。这个角度增加是可调的。一个减震器 13 在正的扭矩方向上约束齿轮箱 10 的角旋转速率，用于在启动和防止扭矩尖峰期间稳定传动链。在优选的实施方式中，采用一种标准的轻型载

重汽车减震器。

虽然在该优选实施方式中包括皮带传动 11，但是也可以将其从传动链中除去。在该优选实施方式中，发电机 12 是一种标准的异步感应发电机。也可以应用其它类型的发电机或交流发电机，它们以恒速或变速运行。

5 在图 9 和图 10 中简单示出的用于风力涡轮机的制动系统是一种重要的部件。在图 9 中示出了处于断开位置的制动系统，在这种状态下涡轮机可以运转。图 10 示出了处于工作位置的制动系统，用于使涡轮机停止运转。在电子栅极不再起作用的情况下，或发电机或发电机控制发生故障而不能限制风力涡轮机转子速度的情况下，风力涡轮机的制动系统必须保证风力涡轮机不会失去控制  
10 达到破坏性速度。制动系统还必须保证如果风力涡轮机发生故障或其它问题，它能够使风力涡轮机在很短的时间内停止运转。

如图 9 和图 10 所示，制动系统包括一个制动圆盘 14，该制动圆盘位于主轴 2 的底部法兰 15 的上方。制动圆盘 14 的内径比主轴 2 的外径稍大，从而使得圆盘 14 既能够旋转又能够上下运动。通过几个穿过底部法兰 15、制动圆盘 14 和一个与底部法兰 15 相同的法兰 17 而垂直装配的销 16，圆盘 14 相对于主轴 2 的旋转运动受到限制。法兰 15 和 17 焊接到主轴 2 上，并且它们的外径（它们的外径尺寸相同）比制动圆盘 14 的外径小得多。制动圆盘 14 在法兰 15 和 17 之间可自由地垂直运动。有两套制动块，即一套上方固定制动块 18 和一套下方可动制动块 19。可动制动块 19 可自由垂直运动，并在一个垂直平面内可自由旋转。可动制动块 19 安装到制动臂 20 的短端，该制动臂在支轴销轴 21 的垂直平面上转动。在制动臂 20 的端部设有一个配重 22，用于提供制动力。支轴销 21 如此设置，使得它到支撑配重 22 的制动臂 20 的那一端的距离为它到可动制动块 19 中心的距离的十倍。有两根平行的制动臂 20，在主轴 2 的每一侧安装一根。当制动臂 20 的长端比支点 21 低的时候，短端上升使得可动制动块 19 向上移动。可动制动块 19 位于制动圆盘 14 的下方，因此当可动制动块 19 上升时就会与制动圆盘 14 相接触。随着制动臂 20 的长端进一步下降，制动圆盘 14 被升高，直到它与上方固定制动块 18 相接触为止。然后制动圆盘 14 就被夹在上制动块 18 和下制动块 19 之间。这种状态如图 10 所示。那么制动力就是配重 22 乘以杠杆的机械效益或是配重 22 的十倍。  
25

30 除了施加在制动圆盘 14 上的制动块 18 和 19 的机械制动力以外，风力涡

轮机还包括一种用于倾斜叶片 3 以提供空气动力学制动的系统。该空气动力学制动系统包括一个叶片启动圆盘 23，该启动圆盘位于主轴 2 上邻近下部那一套叶片臂 4 一定高度处。叶片启动圆盘 23 的内径比主轴 2 的外径稍大，从而圆盘 23 可绕主轴旋转以及沿主轴 2 上下运动。一套叶片倾斜缆索 24 和 25 连接 5 到叶片制动圆盘上。第一套缆索 24 连接到叶片 3 的前缘。第二套缆索 25 连接到叶片 3 的后缘。每种缆索 24 和 25 有四根，这样当叶片启动圆盘 23 相对于主轴 2 转动时，叶片的前缘远离主轴 2 运动，而后缘朝向主轴 2 运动，从而使叶片 3 倾斜。叶片 3 在介于其前缘和重心之间的位置处枢接地安装到叶片臂 4 上。因为重心比枢接位置靠前，所以叶片倾向于倾斜，除非它们被缆索 24 限 10 制住。

在应用机械制动器的同时，使叶片启动圆盘 23 转动。一套挺杆 26 位于制动圆盘 14 的顶部并向上延伸至叶片启动圆盘 23 的下侧。挺杆 26 被导向并被限定在法兰 17 和另一个法兰 27 之间的孔内，法兰 27 刚好位于叶片启动圆盘 23 的下方。法兰 17 和 27 中的孔尺寸超大，以使得挺杆能够在孔中垂直运动。当 15 应用了机械制动器的时候，制动圆盘 14 向上运动。制动圆盘 14 的这种向上运动通过挺杆 26 传递给叶片启动圆盘 23，这样叶片启动圆盘 23 也向上运动。第一套止块 28 抑制制动器 29 相对于主轴 2 的旋转运动，其中制动器 29 连接到叶片启动圆盘 23 上。但是，当挺杆 26 向上移动叶片启动圆盘 23 时，在叶片启动圆盘 23 上的制动器 29 不受止块 28 的作用而移动。从叶片产生的离心力 20 会拉动缆索 24 和 25，也因此拉动叶片启动圆盘 23，使其达到一个新的位置，在该位置处制动器 29 与第二套止块 30 接合。第一套止块 28 与用于使涡轮机运转的叶片间距位置相对应，第二套止块 30 与用于空气动力学制动的叶片间距位置相对应。理想的是，叶片在止块 28 和 30 之间倾斜大约 45 度。一套弹簧 31 将叶片启动圆盘 23 拉回到运行位置，此时制动器 29 与止块 28 接合。当 25 转子转速下降时，叶片产生的离心力不够高到克服弹簧 31 产生的力的程度，叶片返回到它们的运行位置。当断开机械制动器时，挺杆 26 向下运动，从而允许制动器 29 下降至它们被止块 28 保持的位置。这样，在制动运行期间，叶片被倾斜以提供空气动力学制动，但是当断开制动器时它们自动返回到它们的运行位置。空气动力学制动器在图 9 中示出了它们的运行位置，在图 10 中示 30 出了伴随叶片倾斜的它们的停止位置。

在图 2 所示的实施方式中，风力涡轮机包括三个叠置模块，空气动力学制动器优选仅包括在底部模块上。在其它两个模块上的叶片间距固定，从而使上部模块的磨损和维护达到最小。

如图 9 和图 10 所示，制动系统由一个气压缸 32 驱动，该气动缸使配重 22 和制动臂 20 的端部上升和下降。当气压缸 32 的下端被加压时，内部活塞被驱动向上提升配重 22 和制动臂 20。气压缸 32 必须被加压以断开制动器，当释放气动缸中的压力时，应用制动器。控制供给气动缸 32 的压缩空气供给 33，以控制制动系统。一个空气压缩机 34 向气动缸 32 供给压缩空气。在优选的实施方式中，一个压缩机 34 为几个相邻的风力涡轮机上的气动缸 32 供给压缩空气。流入和流出气动缸的气流由一个电磁阀 35 控制。电磁阀 35 由一个电路 36 通电激励，该电路 36 也向电动机 12 提供电压，因此如果向电动机施加的电压被中断的话，那么制动器被激励。压缩空气线路 33 在气动缸 32 和压缩机 34 之间是打开的。当施加到电磁阀 33 上的电能被中断时，电磁阀 33 关闭压缩机 34 和气动缸 32 之间的通路，并从气动缸 32 中排出压缩气体，从而使配重 22 和制动臂 20 下降，启动制动系统。这是一种故障保护设计，因为失去电压会造成电磁阀 35 断电，释放向气动缸 32 供给空气的空气线路 33 中的压力，从而导致制动器启动。由于涡轮机电路或有效供给中的故障，供给到阀 35 中的电能可能被中断。也可以利用一个制动开关 38 人工切断电磁线圈 36 和压缩机电路 37 的电源。除了人工关闭以外，电磁线路 36 中的一种拨动开关 39 可以用一个断开杆 40 关闭，断开杆 40 移动进入拨动开关 39 的通路使它关闭。该断开杆 40 和拨动开关 39 如图 11 所示。人工开关 38 和拨动开关 39 必须通过人工或控制软件使其复位。如果在实际电路中发生故障，制动器会接合，而当电流恢复时，它又会自动切断。

如图 11 所示，拨动开关 39 由一个断开杆 40 驱动。该断开杆 40 安装到主轴法兰 15 上。断开杆 40 可远离主轴 2 自由转动，但是受一个弹簧 41 约束。弹簧 41 的拉力可以如此设置，即当转子速度高于许可速度（即稍高于发动机速度）时，断开杆 40 移动到使拨动开关 39 脱离的位置。断开杆 40 优选是钢制的，以提供足够高的重量，从而提供足够的离心力。在可选实施方式中，拨动开关 39 可由固态速度传感器或 PLC 控制器激励。

尽管制动系统包括很多机械的和空气动力学的制动，以及激励系统是故障

保护的，但是在风力涡轮机领域中的经验已经表明，希望还包括另外一种双重的制动断开系统，从而避免风力涡轮机失控。一种双重的转子速度调节系统如图 9 和 10 所示。一套配重臂 42 支撑安装在底部转子模块的叶片臂 4 的顶端。在优选实施方式中使用两根臂 42。当转子静止时，臂 42 向下垂。当转子速度增加时，臂 42 向上向外抛。一根缆索 43 在从臂枢接点的一个适当距离处连接到每根臂 42 上，并与叶片启动圆盘 23 的顶端相连。当转子速度超过拨动开关 39 的断开速度时，缆索 43 产生足够的拉力使得圆盘 23 升起而离开它的第一套止块 28。叶片 3 则自由倾斜到 45 度倾斜角。空气动力学的制动效应将转子速度保持在结构上安全的范围内。这就是保护转子的故障保护系统。

如图 8 所示，主轴 2 的下端由两个底部轴承座 44 和 45 支撑。主轴承或上部轴承 44 安装到齿轮箱 10 和底座上方的主支撑横梁 46 上。轴系统包括主轴 2 和驱动轴 47。这种轴系统可以绕主轴承 44 旋转。这两个轴承都是自动对准的。包括主轴 2 和驱动轴 47 的轴系统摇摆不定，因为拉缆 7 在负载下会拉长。底部轴承 45 必须能够在水平面内移动，以减轻在驱动轴 47 中的弯曲应力。轴承 45 比主轴承 44 小。驱动轴在底部成阶梯状，以适应轴承 45，这样轴承 45 就可以与主轴承 44 一起承担轴向负荷。下部轴承保持在板 48 上，板 48 保持在滚动轴承表面 49 上，如图 12 所示。滚动轴承表面 49 允许轴承支撑板 48 在水平面内自由移动，从而减轻驱动轴 47 的弯曲。所有这些板通过若干块由从底座 50 突出的地脚螺栓固定在水平位置上的板支撑在底座 50 上。因此下部轴承 45 由底座 50 支撑。下部轴承 45 由可调轴承螺栓 51 保持在板 48 上，这些轴承螺栓可被调整为分担主轴承 44 和下部轴承 45 之间的特殊负荷。

图 12 示出了滚动轴承表面 49 是一个由保持在一个框架 53 中的一排滚珠 52 形成的表面。所有这些滚珠 52 具有相同的直径。滚珠 52 的直径比框架 53 的厚度大，因此滚珠 52 上方的钢板保持在球轴承上。顶部轴承板 48 能够在这些滚珠 52 上滚动。在顶板 48 和底板 51 邻接滚珠 52 的表面上涂油。

尽管已经示出和描述了本发明优选实施方式，但对于本领域的技术人员来说，很明显，在不背离本发明范围的情况下，在这些实施方式中可以做出各种改进。因此，本发明并不局限于这些公开的具体实施方式，而是被限制在下面各权利要求所限定的发明范围内。

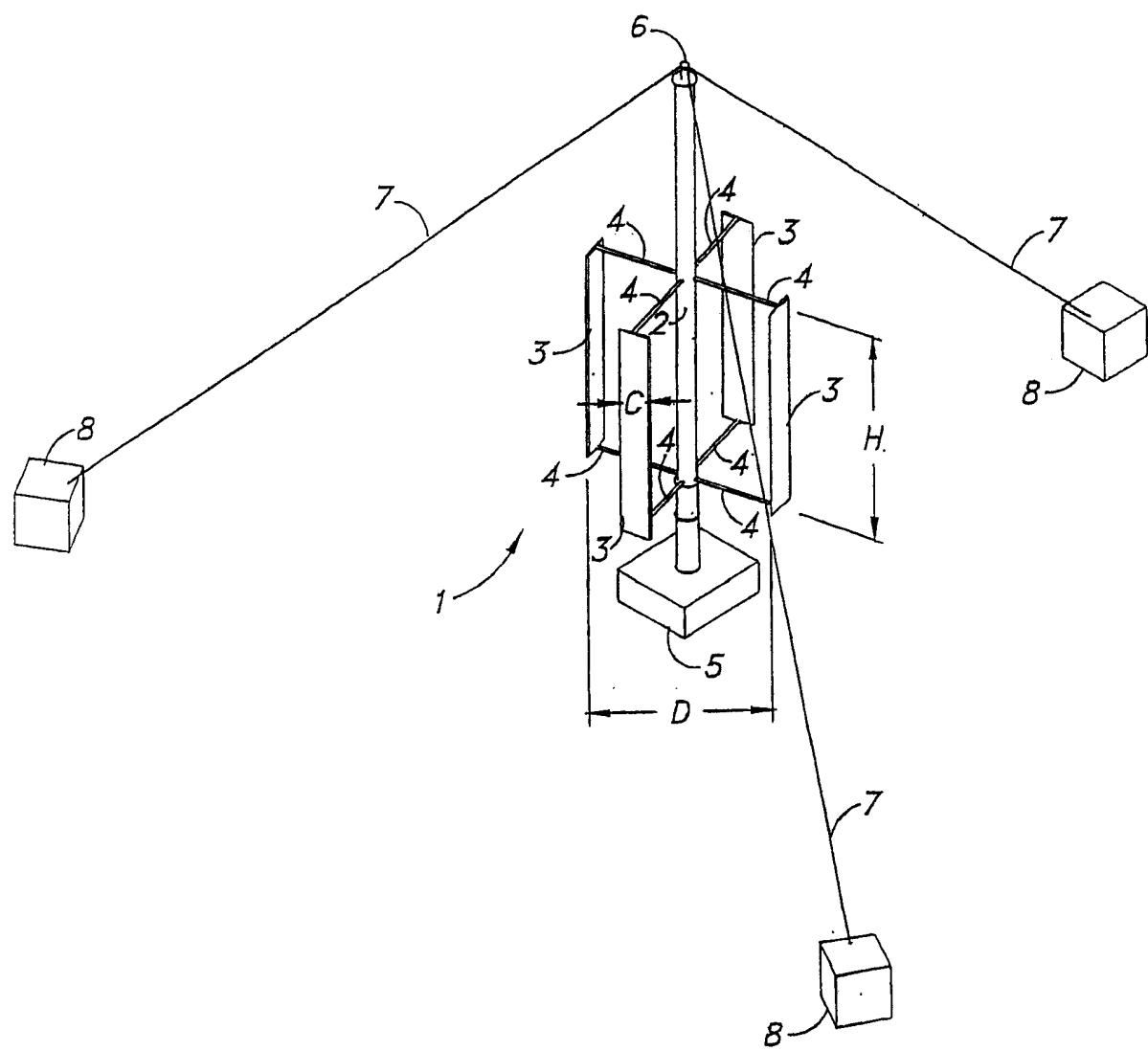


图 1

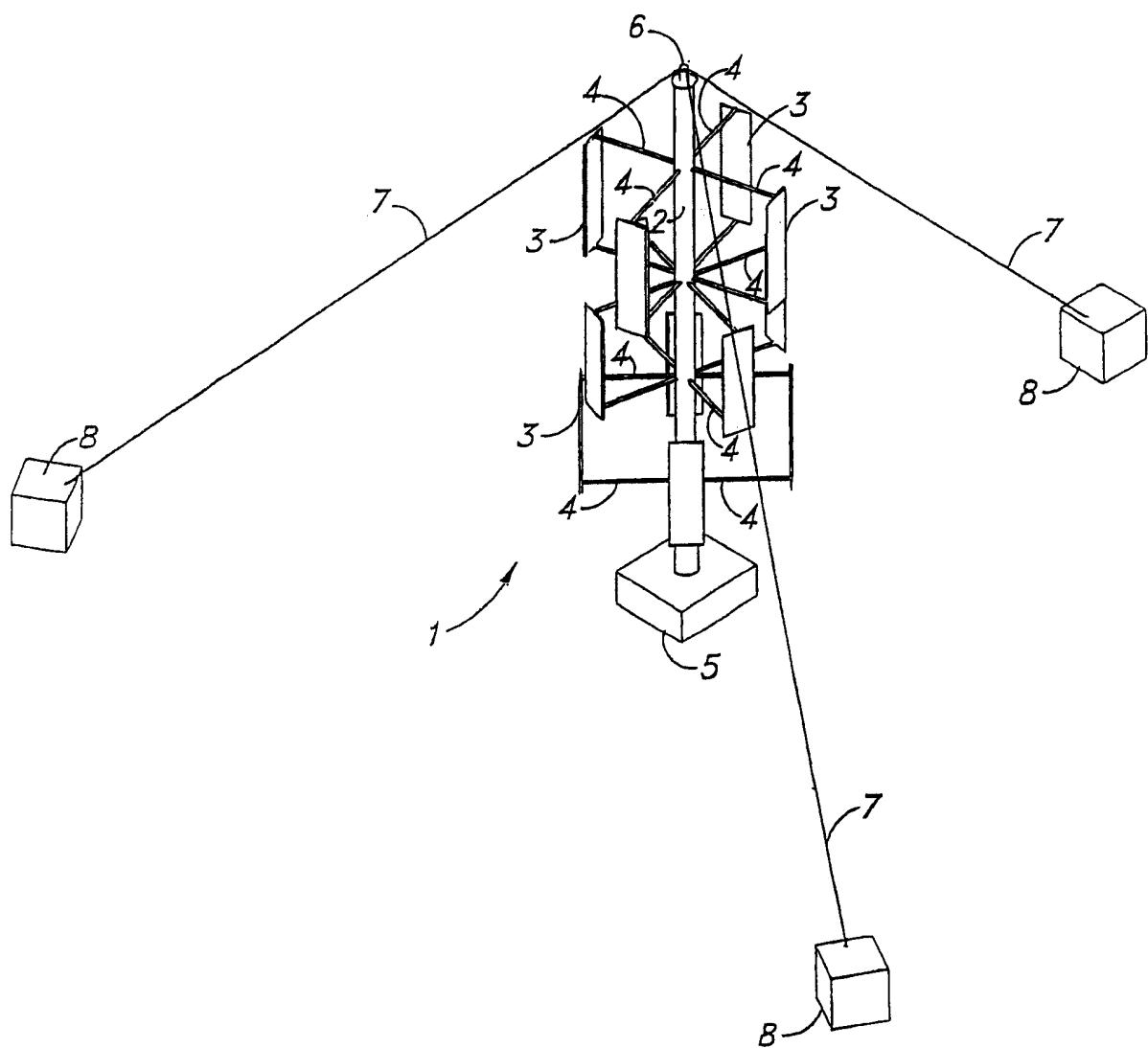


图 2

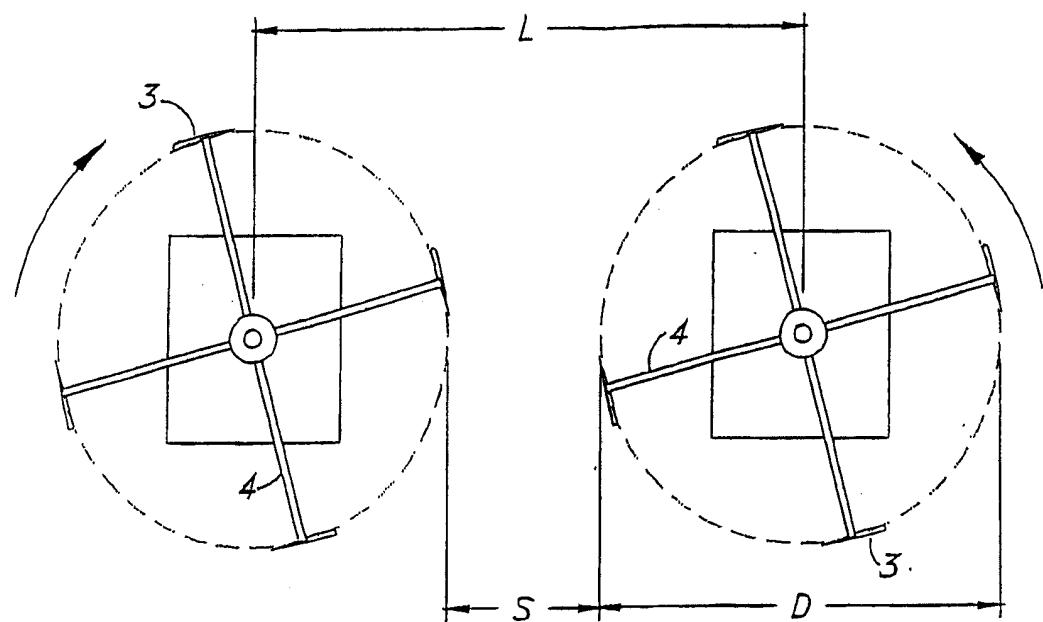


图 4

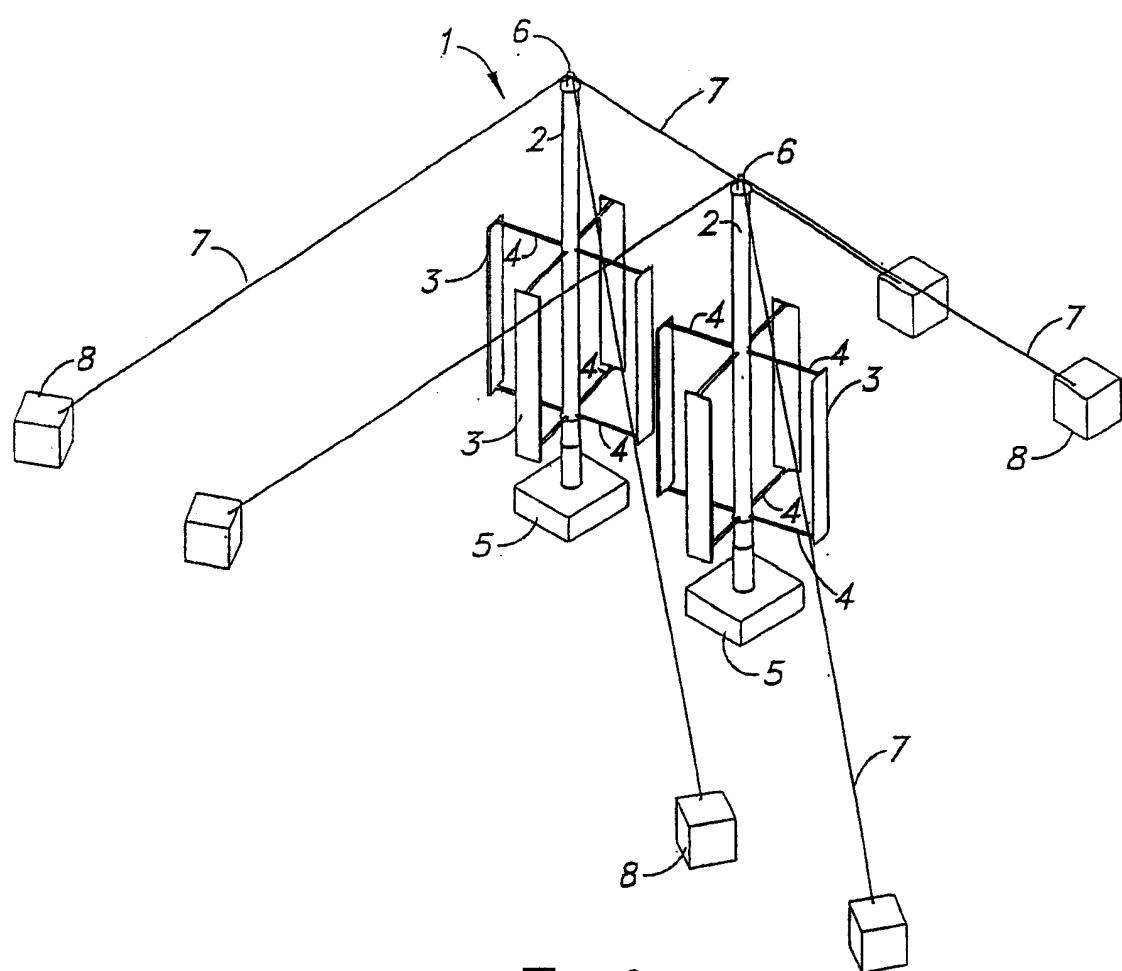


图 3

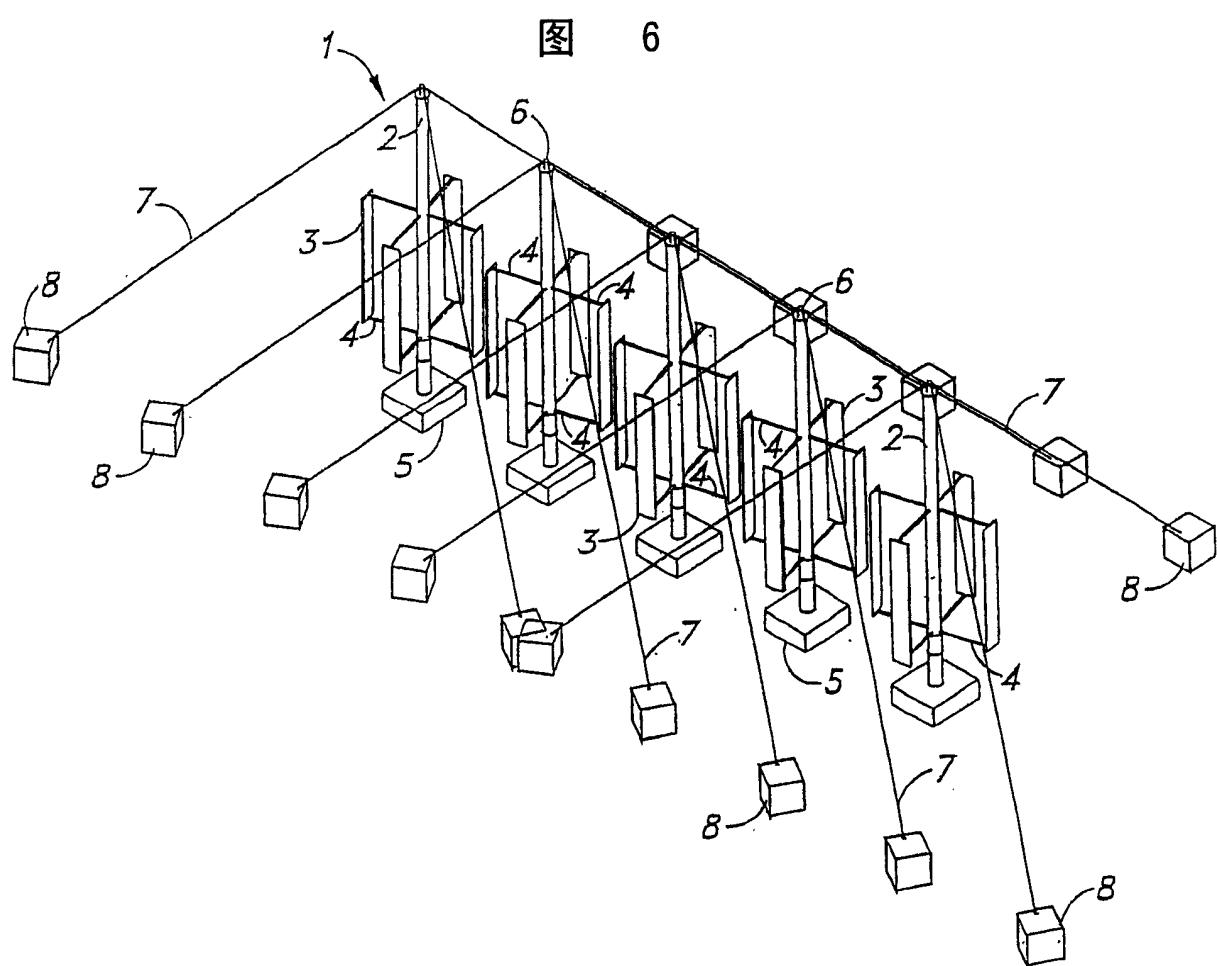
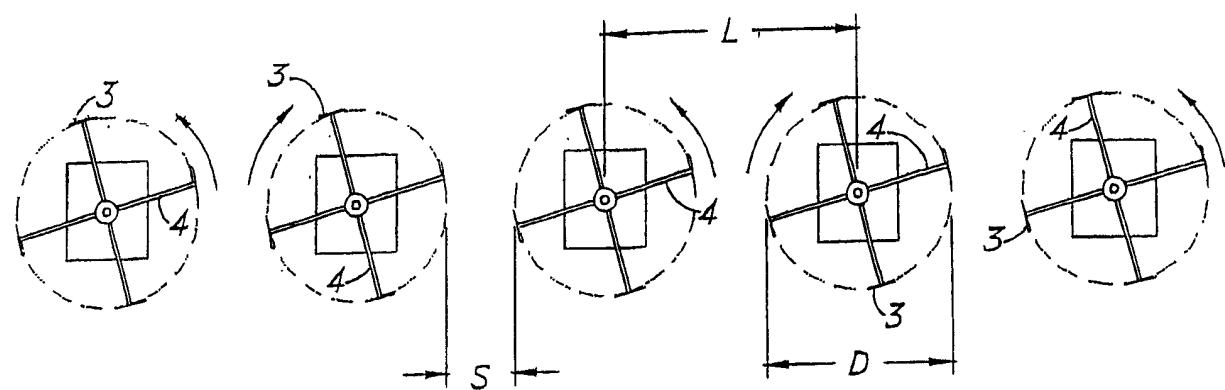


图 5

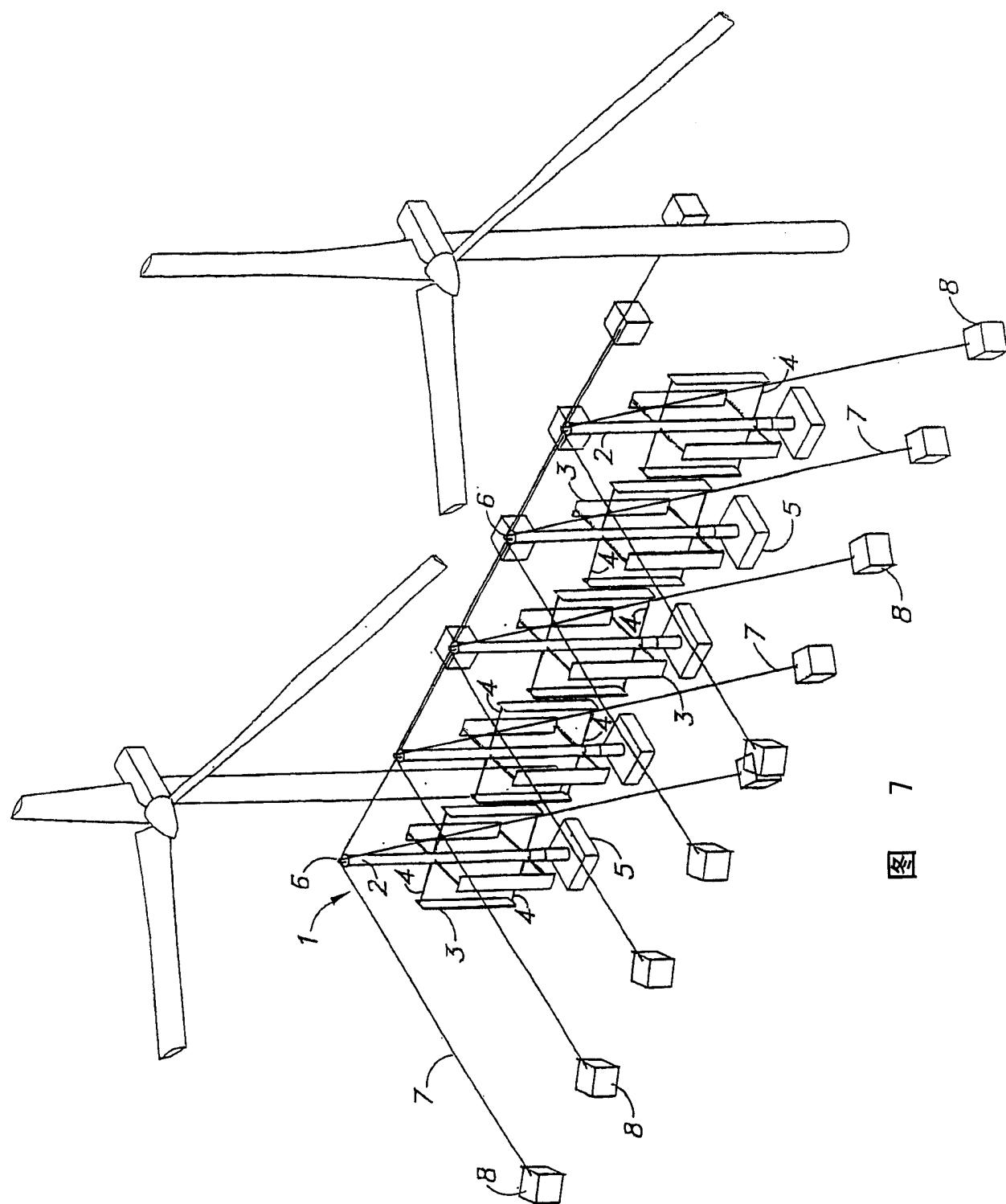


图 7

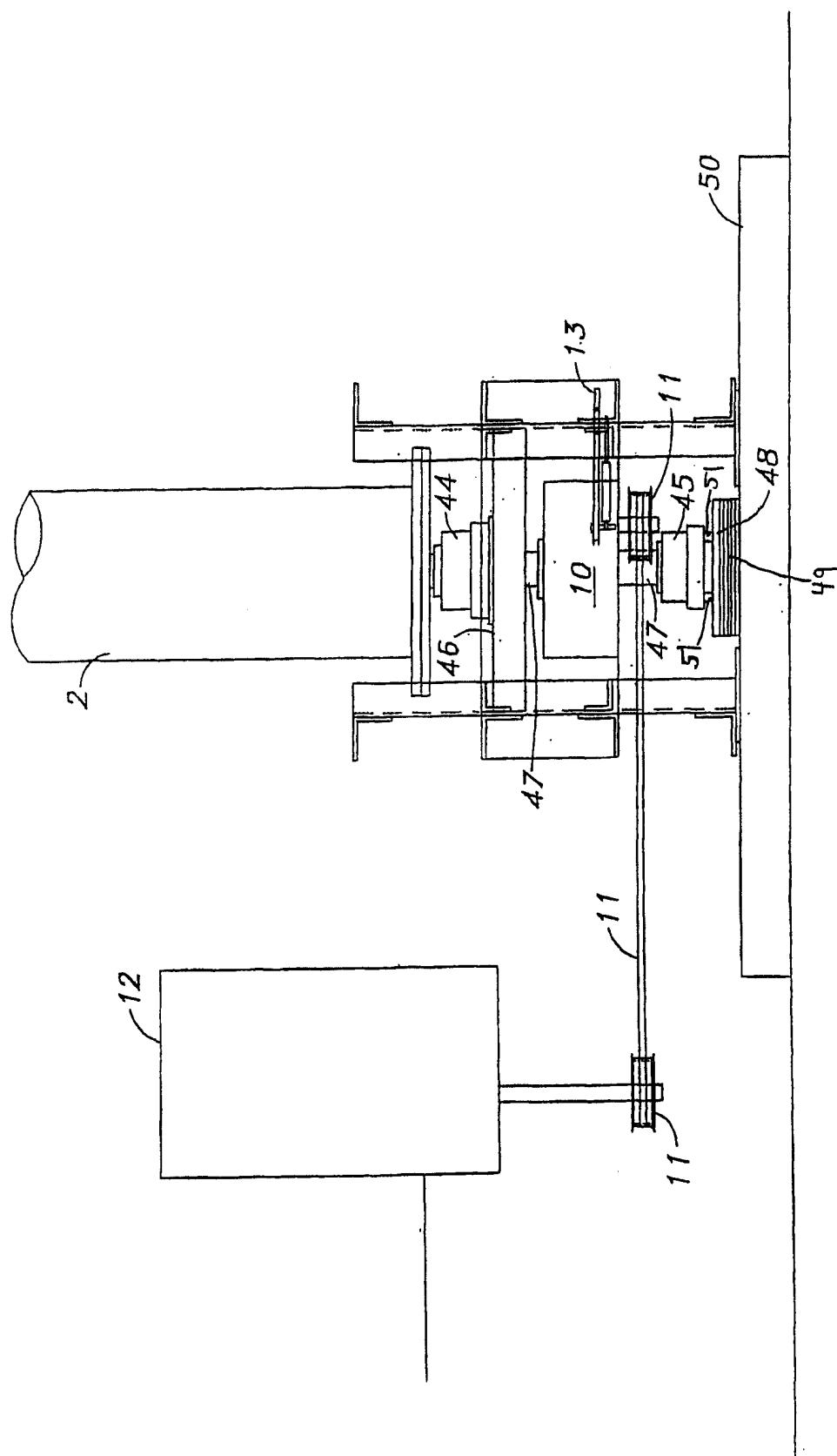


图 8

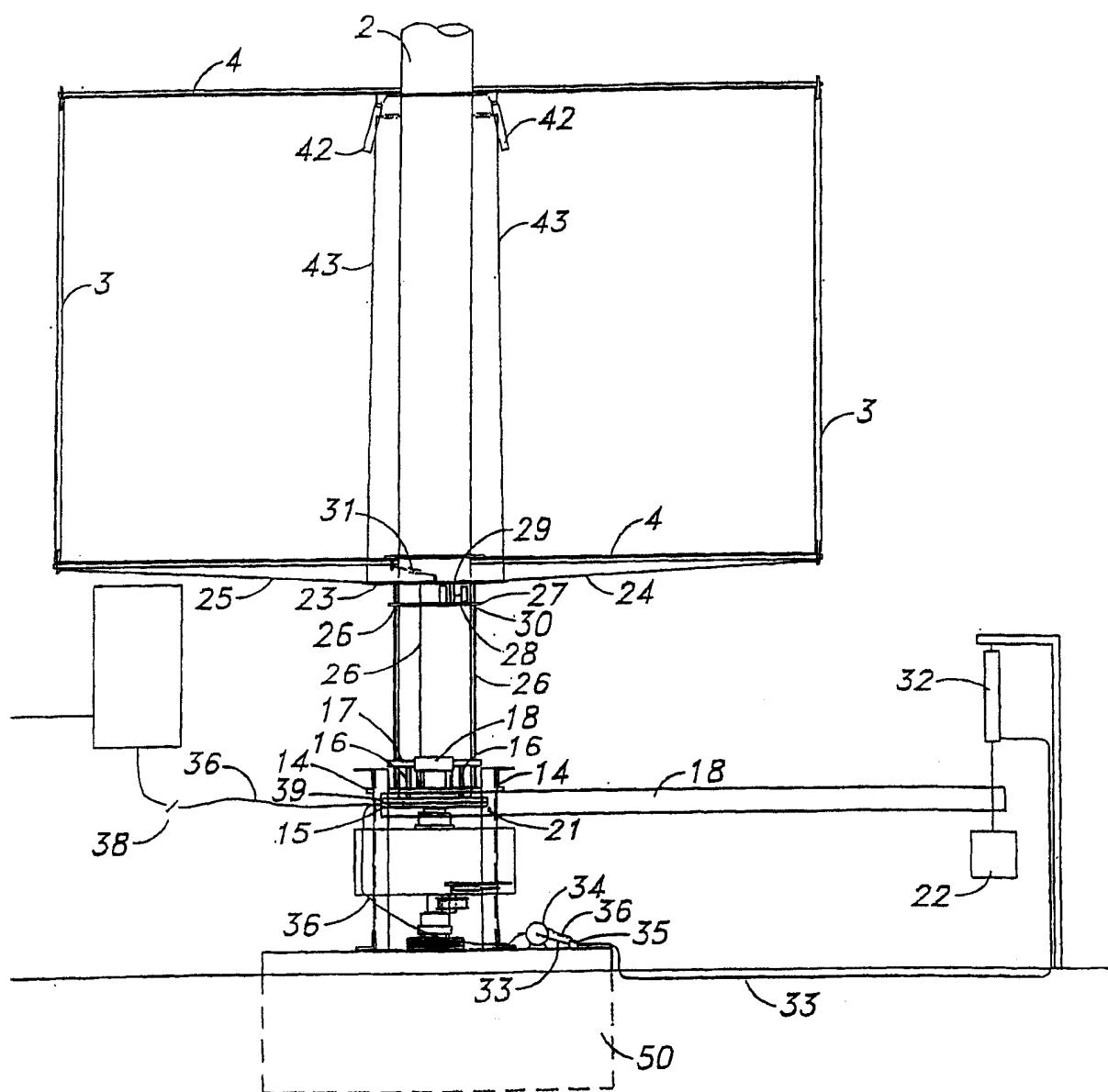


图 9

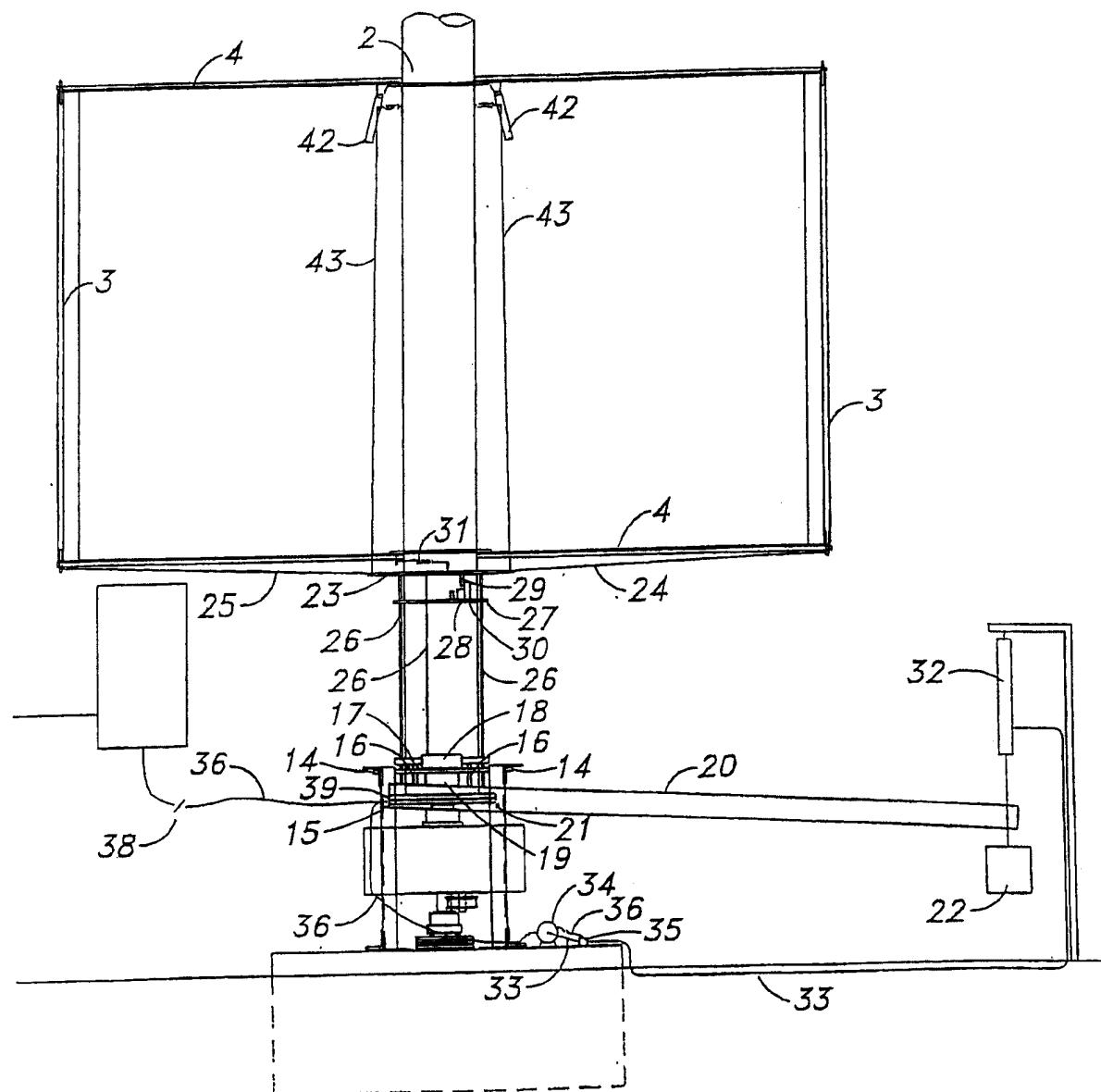


图 10

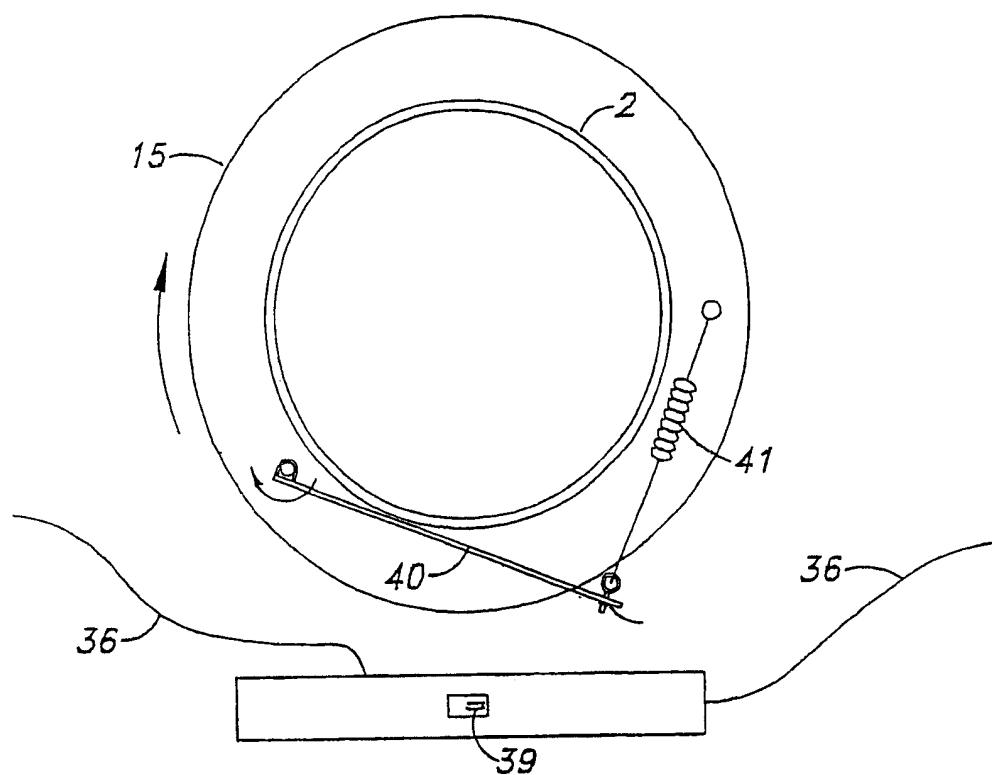


图 11

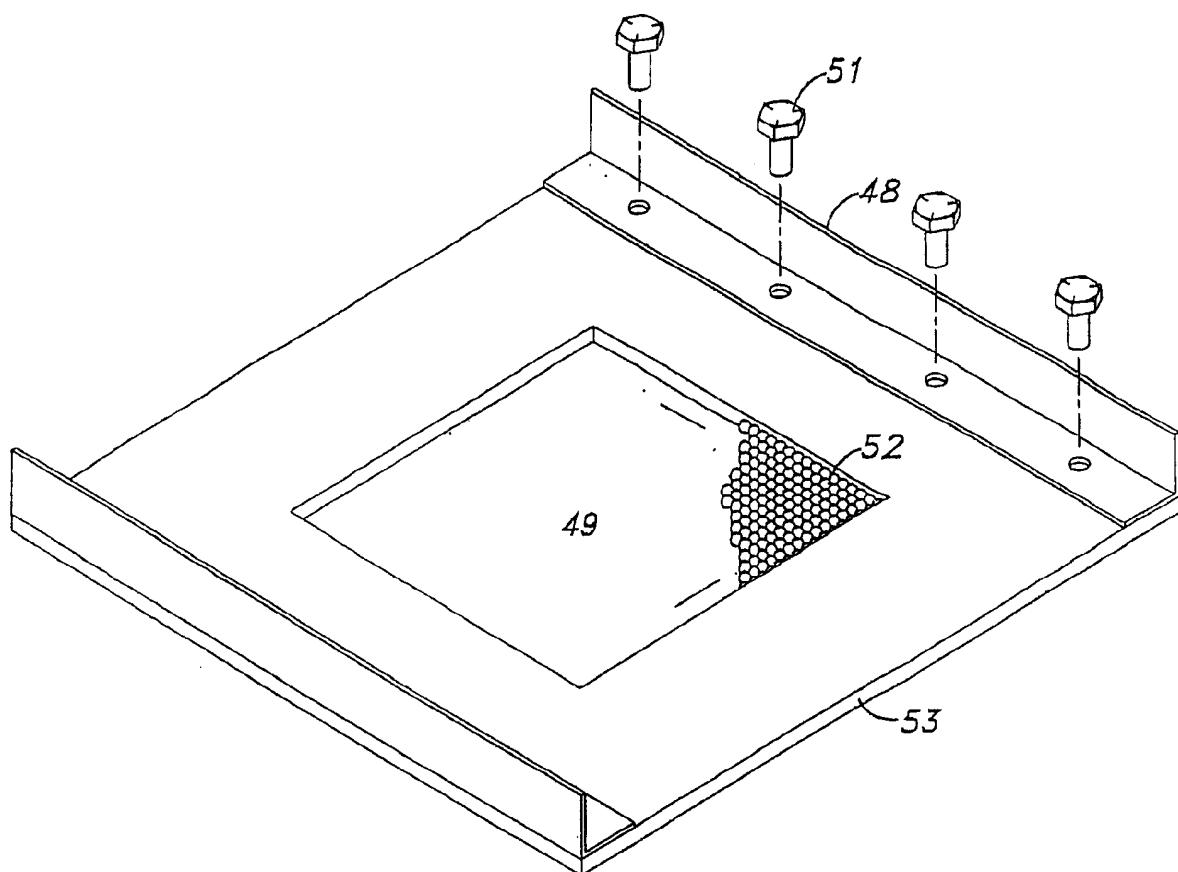


图 12