



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102620696 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201210027788. 6

CN 1517691 A, 2004. 08. 04,

(22) 申请日 2012. 01. 30

US 7296362 B2, 2007. 11. 20,

US 2238782 A, 1941. 04. 15,

(30) 优先权数据

13/012837 2011. 01. 25 US

审查员 公羽

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 B·P·汉森 C·G·泰勒

W·E·小麦克莱里

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.

G01B 21/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 1597357 A, 1926. 08. 24,

US 1597357 A, 1926. 08. 24,

US 2358987 A, 1944. 09. 26,

US 7637026 B2, 2009. 12. 29,

CN 201540106 U, 2010. 08. 04,

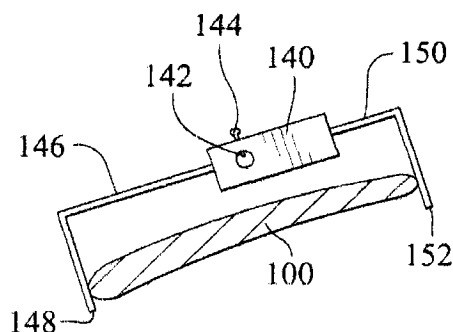
权利要求书1页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

涡轮叶片测量装置

(57) 摘要

本发明涉及涡轮叶片测量装置。一种测量装置能够测量涡轮发动机的压缩机叶片或涡轮叶片在沿着叶片的多个预定位置处的一个或多个方面。可拆卸该测量装置,使得测量装置的单独的元件可移动到涡轮发动机的第一排压缩机叶片或第一排涡轮叶片位于其中的有限空间中。然后可在这个空间中重新组装元件,并且元件可附连到涡轮叶片上,使得然后可获得对叶片的测量。



1. 一种涡轮叶片测量装置,包括:
构造成可移除地夹到涡轮叶片上的夹具;
能够可移除地安装在所述夹具上的导向件;以及
能够可动地安装在所述导向件上的测量装置,其中所述测量装置构造成测量涡轮叶片的方面,

其中所述夹具包括:
构造成接合涡轮叶片的第一部分的第一夹具部分;
构造成接合涡轮叶片的第二部分的第二夹具部分;以及
附连机构,其将所述第一夹具部分推向所述第二夹具部分,使得涡轮叶片能够被夹在所述第一夹具部分和所述第二夹具部分之间,其中所述附连机构包括:
将所述第一夹具部分的第一端联接到所述第二夹具部分的第一端上的铰链;以及
将所述第一夹具部分的第二端联接到所述第二夹具部分的第二端上的紧固件,其中,所述紧固件构造成使所述第一夹具部分的所述第二端和所述第二夹具部分的所述第二端朝彼此运动。

2. 根据权利要求1所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述紧固件包括允许所述第一夹具部分的所述第二端与所述第二夹具部分的所述第二端快速分离的快速释放机构。

3. 根据权利要求1所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述第一夹具部分和所述第二夹具部分中的至少一个包括有助于将所述夹具安装在具有预定形状的涡轮叶片上的可重复位置上的叶片接合表面。

4. 根据权利要求1所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述导向件包括构造成将所述测量装置定位在沿着所述导向件的多个预定位置处的定位机构。

5. 根据权利要求4所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述定位机构构造成相对于所述夹具将所述测量装置定位在多个预定位置处。

6. 根据权利要求5所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述定位机构还构造成相对于所述夹具将所述测量装置定位在多个预定的旋转定向处。

7. 根据权利要求1所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述测量装置构造成测量涡轮叶片的弦长。

8. 根据权利要求7所述的涡轮叶片测量装置,其特征在于,所述导向件构造成将所述测量装置定位在所述叶片的基部的上方的多个预定高度处,使得所述测量装置能够在所述叶片的所述基部的上方的对应的多个高度处测量所述叶片的所述弦长。

涡轮叶片测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮叶片测量装置。

背景技术

[0002] 涡轮发动机普遍用于电力发生行业中。这样的涡轮发动机包括压缩机区段,在压缩机区段中,已被吸入涡轮发动机中的空气被压缩。压缩空气与燃料在燃烧器区段中混合且燃烧。然后热的膨胀燃烧气体被路由到涡轮区段中,涡轮区段提供涡轮发动机产生的原动力。

[0003] 涡轮发动机的压缩机区段包括交替的定子导叶排和压缩机叶片排。压缩机叶片安装在涡轮发动机的旋转轴上。定子导叶附连到压缩机的壳体上。各定子导叶排有助于以设计成帮助压缩进入的的角度来将流过压缩机的空气引导到下一压缩机叶片排中。

[0004] 发动机的涡轮区段也包括多个交替的定子导叶排和涡轮叶片排。涡轮叶片也附连到发动机的轴上。定子导叶附连到发动机的涡轮区段的壳体上。各定子导叶排有助于以帮助涡轮区段产生动力的角度来将热的燃烧气体引导到下一涡轮叶片排上。

[0005] 虽然定子导叶、压缩机叶片和涡轮叶片由耐用性高的材料制成,但是经过延长的时段,在叶片的上面以高速和高量流动的空气和水份可使叶片材料受腐蚀。在一些情况下,穿过涡轮的空气中小颗粒(例如灰尘和沙子)也可增加叶片的腐蚀。类似地,热的燃烧气体也可使涡轮区段中的涡轮叶片受腐蚀。在压缩机区段中,可将水或水蒸气喷射到穿过压缩机的空气流中,以帮助清洁压缩机区段,以及/或者冷却空气。空气流内的水滴或水蒸气可使叶片受腐蚀。

[0006] 压缩机和涡轮叶片的过度腐蚀可使叶片变弱,这可导致涡轮发动机过早失效。另外,叶片的腐蚀可改变叶片的形状,从而导致涡轮发动机有不那么高效的运行。

[0007] 可惜的是,难以在不直接测量叶片的情况下确定叶片的腐蚀程度。而且接近压缩机和涡轮叶片来进行这样的测量是非常困难的。因此,运营商和制造商通过分析计算来估计叶片的使用寿命。如果这样的估计太保守,则这可导致过早地更换叶片,这会浪费时间和金钱。如果这样的估计太不严格,则这可导致涡轮发动机失效,这个的代价甚至更大。

发明内容

[0008] 根据本发明的第一方面的一种涡轮叶片测量装置包括构造成可移除地夹到涡轮叶片上的夹具、能够可移除地安装在夹具上的导向件,以及能够可动地安装在导向件上的测量装置。该测量装置构造成测量涡轮叶片的方面。

[0009] 根据本发明的另一方面的一种涡轮叶片测量系统包括构造成可移除地夹到涡轮叶片的基部上的夹具、能够可移除地安装在夹具上的支承柱,其中支承柱包括沿着支承柱的长度而定位的多个定位孔口。测量系统还包括安装在支承柱上的测量头,测量头包括定位孔口,定位孔口构造成接收支承柱,使得测量头可沿着支承柱滑动。测量头中的定位销接合支承柱上的定位孔口。测量头还包括可动地安装在测量头上的至少一个接触臂,其中,测

量头构造成测量涡轮叶片的方面。

附图说明

- [0010] 图 1 是涡轮发动机的简图；
- [0011] 图 2 是在基部上的涡轮叶片的立视图；
- [0012] 图 3 是图 2 中示出的涡轮叶片和基部的俯视图；
- [0013] 图 4 是沿着截面线 4-4 得到的图 2 中示出的涡轮叶片和基部的横截面图；
- [0014] 图 5 是沿着截面线 5-5 得到的图 2 中示出的涡轮叶片和基部的横截面图；
- [0015] 图 6 是涡轮叶片的立视图,测量装置的部分安装在叶片上；
- [0016] 图 7 是沿着截面线 7-7 得到的图 6 中示出的涡轮叶片和测量装置的横截面图；
- [0017] 图 8 是涡轮叶片测量装置的俯视图；
- [0018] 图 9 是图 8 中示出的涡轮叶片测量装置的正视图；
- [0019] 图 10 是显示了具有安装在涡轮叶片上的测量装置的涡轮叶片的立视图；
- [0020] 图 11 是沿着截面线 11-11 得到的图 10 中示出的涡轮叶片和测量装置的横截面图；
- [0021] 图 12 示出了夹到涡轮叶片上的测量装置的一个备选实施例的类似于图 7 的横截面图；
- [0022] 图 13 是示出了夹到涡轮叶片上的测量装置的另一个备选实施例的类似于图 7 的横截面图；
- [0023] 图 14 可用来测量涡轮叶片的厚度的另一个测量装置的俯视图；
- [0024] 图 15 是涡轮叶片测量装置的一个备选实施例的夹具和支承柱的立视图；以及
- [0025] 图 16 是示出了涡轮叶片测量装置和数据记录装置的元件的方框图。
- [0026] 部件列表
- [0027] 1 涡轮发动机
- [0028] 10 压缩机区段
- [0029] 20 燃烧器
- [0030] 30 涡轮区段
- [0031] 100 叶片
- [0032] 102 前缘
- [0033] 104 后缘
- [0034] 105 基部
- [0035] 107 顶部
- [0036] 110 安装基部
- [0037] 120、170、221 第一夹具部分
- [0038] 121、172、220 第二夹具部分
- [0039] 122、124 夹具紧固件
- [0040] 123、125 间隔支腿
- [0041] 126 指旋螺钉
- [0042] 127L 形转角

- [0043] 130 支承柱
- [0044] 132 定位孔
- [0045] 140、240、400 测量装置
- [0046] 142 安装孔口
- [0047] 144 定位销
- [0048] 146、150 第一臂和第二臂
- [0049] 148 第一接触指
- [0050] 152 第二接触指
- [0051] 154 显示器
- [0052] 173 枢转轴线
- [0053] 174 紧固件
- [0054] 175 快速释放装置
- [0055] 177 成角度的转角
- [0056] 220 第一触探器
- [0057] 224 第二紧固件
- [0058] 225、227 成型转角
- [0059] 246 第一区段
- [0060] 247 第二区段
- [0061] 250 第二触探器
- [0062] 310 安装基部
- [0063] 330 支承柱
- [0064] 332 齿条
- [0065] 404 存储器单元
- [0066] 106、406、506 运动控制器
- [0067] 408 驱动单元
- [0068] 500 数据记录器
- [0069] 502 处理器
- [0070] 504 操作软件

具体实施方式

[0071] 在以下描述中,存在对涡轮叶片的许多参照。这个用语意图包含涡轮发动机的压缩机区段中的旋转叶片、涡轮发动机的涡轮区段中的旋转叶片、以及位于涡轮发动机的压缩机区段和涡轮区段两者中的定子导叶两者。

[0072] 图 1 示出了可用于动力发生行业中的典型的涡轮发动机的主要元件。涡轮发动机 1 包括压缩机区段 10、燃烧器 20 和涡轮区段 30。如上面阐明的那样,压缩机区段将具有多个交替的定子导叶排和压缩机叶片排。同样,涡轮区段将具有多个交替的定子导叶排和涡轮叶片排。

[0073] 图 2 显示了安装在安装基部 110 上的典型的旋转涡轮叶片 100。图 2 中示出的涡轮叶片可为或者压缩机区段中的压缩机叶片,或者涡轮区段中的涡轮叶片。

[0074] 图3是图2中示出的叶片100的俯视图。如图3中显示的那样,涡轮叶片的本体随着其从安装基部110向上延伸而扭转。而且,如图2中示出的那样,在前缘102和后缘104之间的涡轮叶片的弦长随着从叶片的基部105向上前进到叶片的顶部107而变化。通常,弦长随着从基部前进到叶片的尖部而变得更小。但是,在一些情况下,弦长可随着从基部前进到叶片的尖部而变得更小。

[0075] 图4是沿着图2中的截面线4-4得到的涡轮叶片100的横截面图。图5是沿着图2中的截面线5-5得到的涡轮叶片100的横截面图。如图4和5中示出的那样,叶片的弦长在截面线5-5处比在截面线4-4处更小。而且,叶片的厚度在叶片的基部105处比在叶片的顶部107处更大。因而,厚度和弦长两者随着从叶片的基部105前进到叶片的顶部107而变化。

[0076] 如上面阐明的那样,涡轮发动机内的各种运行状况可导致形成定子导叶、压缩机叶片和涡轮叶片的材料有腐蚀。这可导致在任何给定高度处的叶片的弦长变得比在叶片最初安装好时更小。同样,这可导致在任何给定高度处的叶片的厚度变得比在叶片最初安装好时更小。

[0077] 如果涡轮叶片的过度腐蚀严重地使涡轮叶片变弱,则这可导致叶片在涡轮发动机的运行期间断裂,这将很可能对涡轮发动机造成大量且极昂贵的损害。而且,叶片的腐蚀可改变其形状,这可对涡轮发动机的效率和/或动力输出有不利影响。

[0078] 为了确保涡轮发动机的叶片未腐蚀到危险或不合需要的程度,人们将希望按周期性间隔来测量涡轮叶片,以确定它们的腐蚀程度。可惜的是,接近叶片以执行这样的测量是非常困难的。

[0079] 典型地,涡轮发动机的压缩机区段中的第一排叶片将包括附连到涡轮发动机的壳体上的定子导叶。第一排旋转叶片位于第一排定子导叶的后面。在一些例行维护操作期间,接近第一排旋转压缩机叶片是可行的,但是仅通过透过位于第一排旋转叶片的前面的相邻的定子导叶对。

[0080] 同样,在一些情况下,接近涡轮发动机的涡轮区段中的最后一排旋转叶片是可行的。到达涡轮区段中的第一排旋转叶片往往是不可能的,或者非常困难。

[0081] 因为在物理上接近第一排旋转压缩机叶片的唯一方式是透过相邻的定子导叶排,所以使用任何类型的大型测量装置来在物理上测量旋转叶片的尺寸是非常困难的。同样,往往只有通过相邻的定子导叶对来到达涡轮区段的最后一排旋转叶片才是可行的,这使得难以使用任何类型的大型测量装置来在物理上测量旋转叶片的尺寸。

[0082] 而且,因为叶片的弦长和厚度随叶片的长度而变化,所以必须小心地在两个时间点在沿着叶片且始终如一地平行于竖直平面的实际上相同高度处进行两次相继的测量。否则,两个测量结果中的差异将不具有任何证据力。因而,为了获得有用的数据,必须在叶片上的高度可重复的位置处获得测量结果。

[0083] 首先因为难以接近叶片,所以在沿着叶片的可重复的位置处对叶片进行测量也是非常困难的。这么做通常将需要较大的机构,较大的机构会约束测量装置的定位,使得其在各个测量循环期间总是定位于叶片上的同一位置处。而且将这种大型机构插入相邻的定子导叶之间且插入旋转叶片位于其中的空间中是不可能的。同样,即使可能将装置插入该空间中,旋转叶片之间也很少有空间来安装这种机构。

[0084] 图 6-11 中示出了能够对涡轮发动机的旋转叶片执行可重复的测量的测量装置。测量装置包括可彼此拆开的多个部件,使得各个单独的部件可在涡轮发动机的两个相邻的定子导叶之间传送,并且传送到第一排压缩机叶片或涡轮叶片将位于其中的空间中。然后可在旋转叶片位于其中的空间中将测量装置重新组装和安装到涡轮叶片上。测量装置还构造成在沿着涡轮叶片的长度的预定的可重复位置处进行多次测量。

[0085] 如图 6 和 7 中示出的那样,测量装置包括包含第一夹具部分 120 和第二夹具部分 121 的夹具。第一夹具部分 120 构造成接合涡轮叶片 110 的第一侧和 / 或第一端,而第二夹具部分 121 设计成接合涡轮叶片 100 的相对的第二侧和 / 或第二端。

[0086] 在图 6 和 7 中示出的实施例中,第一夹具部分 120 包括多个间隔支腿 123。另外,第一夹具部分 120 的第一端包括设计成抵靠涡轮叶片 100 的前缘或后缘的 90° 的 L 形转角 127。同样,第二夹具部分 121 包括间隔支腿 125 和设计成抵靠涡轮叶片 100 的相对的边缘的 90° 的 L 形转角 129。

[0087] 如图 7 中示出的那样,使用夹具紧固件 122、124 来将第一夹具部分 120 附连到第二夹具部分 121 上,以及将两个夹具部分拉到一起,使得它们夹到涡轮叶片 100 的基部上。提供第一夹具部分和第二夹具部分的端部处的 L 形转角,以及间隔支腿 123、125 确保了夹具机构将始终以基本相同的定向而夹在涡轮叶片 100 的基部的周围。

[0088] 间隔支腿 123、125 的位置、长度和轮廓可设计成适应特定形状的涡轮叶片。因为它们特制形状和设计的原因,第一夹具部分 120 和第二夹具部分 121 将始终在同一位置处附连到那个类型 / 形状的涡轮叶片上。当针对特定形状的叶片而特别设计夹持部分和间隔支腿时,必须针对不同的叶片使用不同的夹具部分。

[0089] 在其它实施例中,夹具部分的形状可为通有,并且因此设计成夹在各种形状不同的涡轮叶片的周围。在这种情况下,虽然夹持部分将设计成用于多个形状不同的叶片,但是对于任何给定的叶片,夹持部分将仍然每次都在同一可重复的位置 / 定向处附连到叶片上,以确保在不同的测量期间在可重复的位置处对叶片进行测量。

[0090] 在另外的其它实施例中,虽然可将通有夹持部分设计成对多种形状不同的叶片起作用,但是单组通有夹持部分可仅设计成适应特定范围的叶片大小。在这种情况下,可将一组通有夹持部分设计成对第一范围的大小较小的叶片起作用,而将第二组通用夹持部分设计成对第二组大小较大的叶片起作用。

[0091] 支承柱 130 插入形成于夹持部分中的一个中的圆柱形孔口中。在图 6 和 7 中示出的实施例中,支承柱 130 插入第一夹具部分 120 中的圆柱形孔口中。在备选实施例中,支承柱可插入第二夹具部分 121 中的圆柱形孔口中。

[0092] 然后将指旋螺钉 126 旋到第一夹具部分 120 中的螺纹孔口中且抵靠在支承柱 130 的基部上,以将支承柱 130 不动地保持在第一夹具部分 120 内。还提供了机构来确保每当支承柱 130 安装在第一夹具部分 120 上时支承柱都以完全相同的旋转定向插入第一夹具部分 120 中的圆柱形孔口中。这可包括:槽口和键沟布置,即设计成接收支承柱 130 的对应的形状不规则的基部的、在第一夹具 120 中的形状不规则的孔口;或用于确保支承柱在插入第一夹具部分 120 中时始终采取同一旋转定向的任何其它机构。

[0093] 图 8 和 9 中示出了设计成可动地安装在支承柱 130 上的测量装置。测量装置 140 包括设计成接收支承柱 130 的安装孔口 142。定位销 144 可动地安装在测量装置上,使得其

可延伸到安装孔口 142 中。在一些实施例中,定位销 144 沿使定位销的端部延伸到安装孔口中的方向而偏置。

[0094] 图 10 显示了安装在支承柱 130 上的测量装置 140。在支承柱 130 中形成多个定位孔 132。在测量装置 140 上的定位销 144 的端部设计成接收在支承柱 130 上的各个定位孔 132 中。定位销 144 将朝图 8 中示出的位置向内偏置。但是,操作者将能够向外拉定位销 144,使得测量装置 140 可沿着支承柱 130 向上和向下滑动。一旦测量装置 140 已经定位在定位孔 132 中的一个的附近,操作者则将释放定位销 144,以及允许其运动到那个定位孔 132 中。这将把测量装置锁定在沿着支承柱 130 的长度的特定位置处。

[0095] 上面描述的机构允许测量装置 140 沿着支承柱 130 运动到多个预定位置。在测量装置 140 上的定位销 144 和支承柱 130 上的定位孔 132 之间的接合确保每当定位销 144 接收在定位孔 132 中的一个中时,测量装置都依靠在完全相同的预定位置处。

[0096] 为了确保每当组装好测量装置时测量装置都定位在第一夹具部分 120 上方的同一可重复的位置处,确保每当重新组装好测量装置时支承柱 130 始终在同一深度处承座在第一夹具部分 120 中是合乎需要的。可通过确保每当重新组装好测量装置时支承柱 130 始终完全承座在第一夹具部分 120 中的圆柱形孔口中来实现这一点。在一些实施例中,指旋螺钉 126 的端部可承座在支承柱 130 中的孔口或凹槽中,以确保其恰当地定位和承座在第一夹具部分 120 中。

[0097] 如图 8 和 9 中示出的那样,测量装置包括具有第一接触指 148 的第一臂 146 和具有第二接触指 152 的第二臂 150。第一臂 146 和第二臂 150 中的一个或两者相对于测量装置 140 的主体沿箭头 A 的方向可动。测量装置 140 还包括提供第一接触指 148 和第二接触指 152 之间的距离的指示的显示器 154。

[0098] 如图 10 中示出的那样,测量装置 140 可运动到由支承柱 130 上的定位孔 132 限定的多个预定位置中的各个中。一旦定位在预定位置处,第一臂和 / 或第二臂 150 则向内运动,使得第一接触指 148 接合涡轮叶片 100 的前缘或后缘,而第二接触指 152 接触涡轮叶片 100 的另一边缘。然后显示器 154 将提供在涡轮叶片的基部上方的那个预定高度处的涡轮叶片的弦长的指示。

[0099] 如上面阐明的那样,以及如图 3 中示出的那样,涡轮叶片典型地在叶片的基部和叶片的顶部之间扭转。因此,为了获得在沿着叶片的长度的所有位置处的精确的弦测量结果,必须在测量装置从涡轮叶片的基部朝顶部向上运动时略微旋转测量装置。这保持测量装置 140 的第一臂 146 和第二臂 150 大致平行于涡轮叶片的中心纵向轴线。

[0100] 如图 6 和 10 中示出的那样,支承柱 130 上的定位孔 132 在支承柱 130 的中心轴线的周围以多个不同的旋转定向而定向。因此,每当测量装置 140 运动到预定位置中的一个中且定位销 144 插入定位孔 132 中的一个中时,测量装置 140 相对于涡轮叶片 100 以新的旋转定向而定位。通过在支承柱 130 的中心轴线的周围以不同的旋转定向来形成定位孔 132,保持测量装置 140 相对于叶片的面而恰当地定向是可行的,不管叶片在其从基部向上延伸时如何扭转。

[0101] 因为支承柱 130 中的定位孔 132 必须在不同的旋转位置处定向成适应叶片的扭转,所以在决定如何使定位孔 132 定向时,必须考虑到单个涡轮叶片的具体特性。因此,将很可能针对各个叶片设计产生不同的支承柱。但是,在诸如其中两个不同的叶片具有高度

类似的扭转特性的一些有限的情形中,对于两个叶片使用同一支承柱是可行的。

[0102] 当涡轮发动机经历维护操作时,上面描述的装置可由维护人员用来对选定的叶片进行一系列的测量,以确定叶片是否有任何显著的腐蚀或其它的形状变化。为了实现这一点,操作者将首先将测量装置 140 与支承柱 130 拆开,以及从夹具部分中的一个中移除支承柱 130。

[0103] 然后操作者将把第一夹具部分 120 和第二夹具部分 121 移动到待测量的叶片的基部的周围的位置上。如上面提到的那样,将通过这样的方式来典型地实现这一点:将夹具部分插入发动机的或者压缩机区段或者涡轮区段上的两个相邻的定子导叶之间,并且将它们夹到第一排旋转叶片中的叶片中的一个的周围。在一些情况下,可能必须将第一夹具部分与第二夹具部分完全拆开。在诸如其中第一夹具部分的一个端部铰链到第二夹具部分的端部上的其它情况下,在使第一夹具部分和第二夹具部分定位在叶片的基部的任一侧上时使第一夹具部分和第二夹具部分至少部分地附连到彼此上可为可行的。无论如何,然后夹具部分将固定到旋转叶片的基部上。

[0104] 接下来,操作者将把支承柱 130 安装在夹具部分中的一个上。最后,测量装置 140 将安装在支承柱 130 上。在许多情况下,在支承柱穿过相邻的定子导叶且安装在夹具部分上之前将测量装置 140 安装在支承柱上可为可行的。

[0105] 一旦完全组装好测量装置,操作者就可对其上安装了装置的叶片进行一系列的测量。这可包括将测量装置定位在支承柱 130 上的最低预定位置处,以及然后在沿着支承柱的长度的各个预定位置处进行一系列的弦测量。备选地,可在叶片的顶部处开始测量,并且操作者可向下工作,从而通过各个预定位置而进行测量。

[0106] 每当测量装置的臂 146、150 如图 10 和 11 中示出的那样与叶片 100 的前缘和后缘接合时,将在显示器 154 上显示弦长测量结果。操作者可直观地阅读测量结果且记录该测量结果。在备选实施例中,测量装置可电联接到显示弦测量结果的外部显示器上。在这种情况下,外部显示器可完全定位在涡轮的外部,这将使阅读更加容易。在另外的其它实施例中,测量装置可电联接到自动记录和存储测量结果的记录装置上。

[0107] 在第一时间点取得的测量结果可与在第二时间点取得的对应的测量结果比较。因为对各个叶片的测量是在预定的可重复位置处进行的,所以测量结果可与彼此比较,以确定叶片的材料是否已经发生任何显著的退化。

[0108] 在一些情况下,可对压缩机区段或涡轮区段的叶片编号。在这种情况下,将针对特定的叶片号来记录弦长测量结果。通过针对特定的叶片记录测量结果,人们能够比较在特定的叶片上在一个时间点取得的测量结果与在同一叶片上在第二时间点取得的测量结果。这允许人们确定在测量之间的时间期间对于那个特定的叶片,测量结果改变了多少。

[0109] 如果无法单独地标识叶片,可对在多个叶片上在第一时间点取得的测量结果取平均。也可对在第二时间点取得的第二组测量结果取平均。而且平均值之间的差异将提供叶片在测量之间的时间期间改变了多少的指示。

[0110] 如果计算出特定的测量结果的平均值,则可计算出在基部上方的各个预定高度处的测量结果的不同的平均值。而且在各个高度水平处在第一时间点的平均值可与在各个高度水平处在第二时间点的平均值比较。因而,人们将能够确定平均测量结果在各个高度处如何改变。

[0111] 而且,不是比较来自第一时间点的实际或平均叶片测量结果与在第二时间点的相同测量结果,而是人们可比较实际或平均测量结果与在叶片最初安装好时的叶片的尺寸。

[0112] 因为典型的涡轮包括在各个排中的许多旋转叶片,所以测量第一排中的所有叶片可比所必需的更耗时。相反,在测量循环期间,操作者可仅测量仅叶片排中的叶片的总数量的一定百分比。如果测量少于所有叶片,则操作者可测量在涡轮的周边周围隔开的位置处的叶片。例如,如果操作者意图仅测量叶片中的 10 个,则他们可确保测量的十个叶片在涡轮的周边周围大致等距地隔开,而非仅仅测量全部彼此邻近的十个叶片。

[0113] 图 12 显示了测量装置的夹持部分的一个备选实施例。这个实施例意图在测量操作期间较容易地快速定位在涡轮叶片的基部的周围。

[0114] 如图 12 中示出的那样,第一夹具部分 170 通过铰链连接而附连到第二夹具部分 172 上,这允许第二夹具部分 172 在第一夹具部分 170 上围绕枢转轴线 173 而枢转。另外,快速释放装置 175 附连到在第一夹具部分 170 和第二夹具部分 172 之间穿过的紧固件 174 上。快速释放装置 175 允许操作者快速且容易地脱开第一夹具部分 170 和第二夹具部分 172 的自由端。在此时,两个夹具部分可远离彼此而枢转,以从叶片中移除它们,或者使得夹具部分可装配在新叶片的基部的周围。一旦第一夹具部分和第二夹具部分装配在叶片的基部的周围,紧固件 174 和快速释放装置 175 则允许两个夹具部分被拉到一起,以夹到叶片的基部上。

[0115] 第一夹具部分 170 的材料将轮廓设置成抵靠叶片 100 的第一侧和边缘,而叶片的相对的边缘将依靠在第二夹具部分 172 的成角度的转角 177 中。这将允许夹持机构可重复地定位在多个形状相同的涡轮叶片的基部上的基本相同的位置处。

[0116] 图 13 示出了夹持机构的又一个实施例。在这个实施例中,第一夹具部分 221 和第二夹具部分 220 两者具有设计成接合多个形状相同的叶片 100 的前缘和后缘的成型转角 225、227。使用第一紧固件 222 和第二紧固件 224 来将机构的两个部件夹在一起,以及将它们拉向涡轮叶片 100 的相对的侧。

[0117] 虽然图 7、12 和 13 示出了夹持机构的各种不同的实施例,但是还可使用具有不同形状、不同部件数量以及不同紧固件的不同的夹持机构。可使用可在基本相同的位置 / 定向可重复地夹到涡轮叶片的基部上的元件的任何组合。

[0118] 此外,虽然上面描述的实施例构造成夹到旋转叶片的基部上,但是备选实施例可构造成夹到叶片上的其它位置上。重点在于夹具能够在基本相同的位置 / 定向可重复地夹到叶片上。

[0119] 而且,在上面描述的且在图 6-12 中示出的实施例中,测量装置 140 设计成测量叶片的弦长。图 14 示出了设计成测量叶片的厚度的备选实施例。

[0120] 如图 14 中显示的那样,测量装置 240 仍然包括设计成接收支承柱 130 的安装孔口 242。定位销 244 仍然设计成接合支承柱 130 上的定位孔 132。

[0121] 在这个实施例中,测量装置包括第一触探器(feeler)220 和第二触探器 250。第二触探器 250 定位在包括第一区段 246、第二区段 247 和第三区段 248 的 C 形臂上。第一触探器 220 和第二触探器 250 中的任一个或两者将设计成朝彼此和 / 或远离彼此运动,以改变第一触探器 220 和第二触探器 250 之间的间隔。测量装置 240 上的显示器将指示第一触探器 220 和第二触探器 250 之间的间隔。

[0122] 可使用如图 14 中示出的测量装置来在沿着叶片的多个不同的高度处测量叶片的厚度,类似于关于之前的实施例所描述的弦长测量。

[0123] 在上面描述的各个实施例中,操作者必须沿着支承柱 130 在物理上移动测量装置,以使测量装置在多个预定位置之间运动。在备选实施例中,测量装置可设计有使测量装置沿着支承柱自动运动到不同的预定位置的驱动机构。

[0124] 在图 15 中示出的实施例中,支承柱 330 仍然安装在将夹到叶片的基部上的夹持机构 310 上。这个实施例还包括允许支承柱 330 相对于安装基部 310 而固定的指旋螺钉 326。如之前的实施例那样,将支承柱 330 附连到夹持基部 310 上的安装机构可确保支承柱 330 相对于安装基部 310 始终以相同的旋转定向来进行安装。

[0125] 在这个实施例中,沿着支承柱 330 的外表面而形成齿条 332。齿条沿着支承柱 330 的外部沿螺线形或螺旋形路径行进。

[0126] 图 15 中示出的支承柱 330 将用于包括设计成接合支承柱 330 上的齿条 332 的小齿轮的测量装置 240。包括电动马达的驱动机构将附连到小齿轮上,以使小齿轮旋转,以及从而沿着支承柱 330 驱动测量装置。因为齿条 332 沿着支承柱 330 的外部而盘绕,所以测量装置在其沿着支承柱运动时将逐渐旋转,以确保测量装置恰当地接合扭转的涡轮叶片的被测量的表面。

[0127] 图 16 示出了可用于如图 15 中示出的那样具有齿条 332 的支承柱 330 的测量装置 400 的方框图。测量装置 400 包括设计成测量涡轮叶片的一些方面(例如弦长或厚度)的测量装置 402。测量装置 400 还包括驱动单元 408,驱动单元 408 将包括马达和设计成接合支承柱 330 上的齿条 332 的小齿轮。测量装置 400 还包括运动控制器 406,运动控制器 406 控制驱动单元 408,使得测量装置 400 沿着支承柱 330 运动到多个预定位置。

[0128] 测量装置 400 还可包括存储器单元 404。可使用存储器单元来存储帮助运动控制器 406 控制驱动单元 408 以使得测量装置 400 运动到多个预定位置的必需的信息。另外,可使用存储器 404 来存储叶片上取得的测量结果。

[0129] 图 16 中示出的实施例还包括联接到测量装置 400 上的数据记录器 500。数据记录器 500 将包括处理器 502、操作软件 504 和数据存储器 508。数据记录器 500 还可包括运动控制器 506。

[0130] 在一些实施例中,测量装置 402 将输出发送给数据记录器 500 的数据存储器 508 的测量结果。数据记录器 500 还可通过运动控制器 506 来对测量装置提供指令,以使测量装置 400 沿着支承柱运动到不同的预定位置。

[0131] 在一些实施例中,更新数据记录器的操作软件 504 以及还有测量装置的存储器 404 和运动控制器 406 使得可对不同类型的涡轮叶片进行测量将是可行的。重新构造操作软件和各种控制器使得可沿着各种不同的涡轮叶片的长度在不同的预定位置处进行测量也将是可行的。

[0132] 在前述描述中,假设对涡轮发动机的旋转叶片进行测量。也可使用同样的基本测量装置来对涡轮发动机的定子导叶进行测量。

[0133] 在前述描述中,通过测量装置来测量叶片的弦长和厚度。但是,在备选实施例中,测量装置可构造成获得叶片或定子导叶的不同方面的测量结果。

[0134] 而且,在前述描述中,测量装置利用实际上与叶片或定子导叶接触以获得测量结

果的触探器。在备选实施例中,可使用不同类型的测量装置。例如,光学测量装置和基于激光的测量装置可代替上面描述的基于触碰的测量装置。

[0135] 虽然在用于动力发生行业中的涡轮发动机的语境中提供以上描述,但是描述的测量装置还可用于在航空器上使用的涡轮发动机、独立的轴向压缩机、蒸汽轮机、风力涡轮机和包括静止的和旋转的叶片的各种各样的其它涡轮和压缩机。

[0136] 虽然结合目前认为是最实用和优选的实施例来描述了本发明,但是将理解,本发明不限于公开的实施例,而是相反,本发明意图覆盖包括在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效布置。

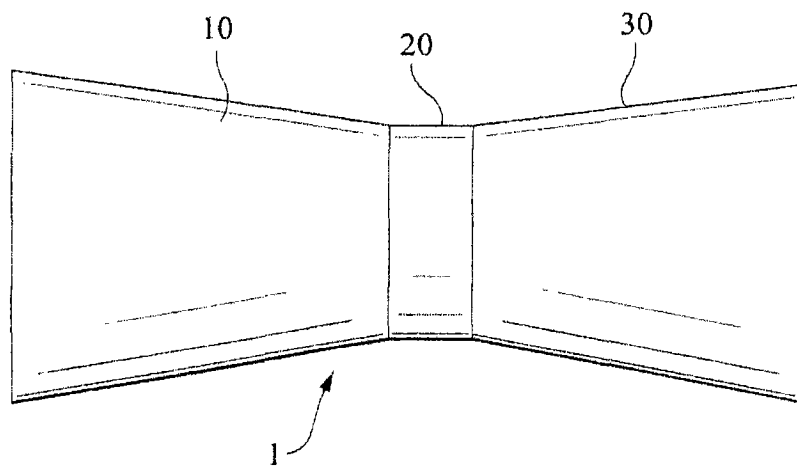


图 1

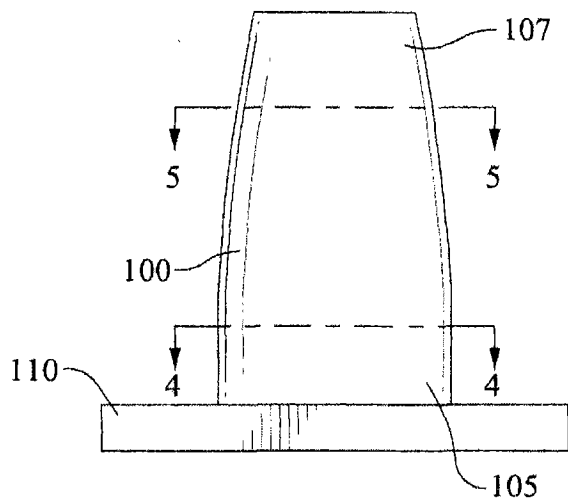


图 2

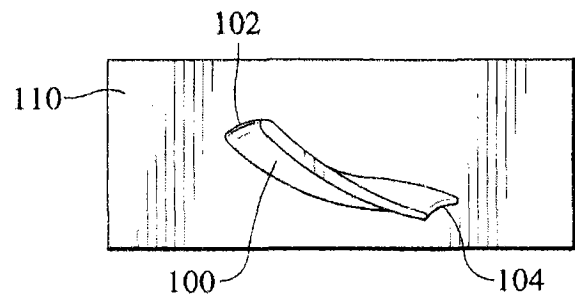


图 3

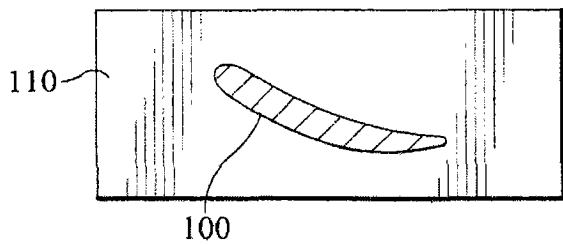


图 4

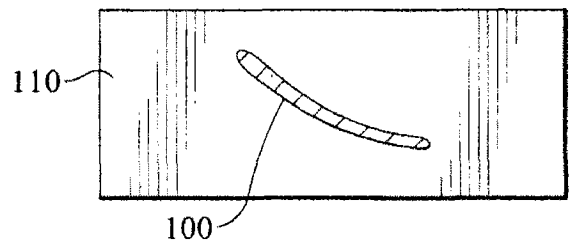


图 5

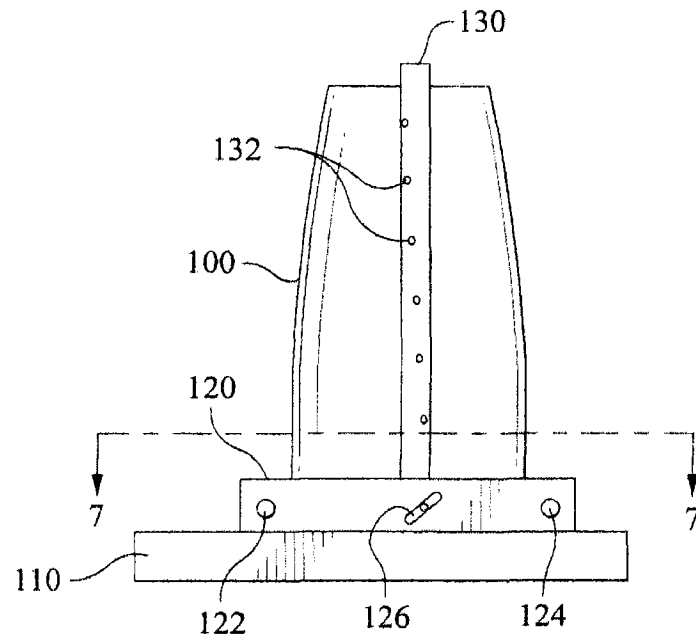


图 6

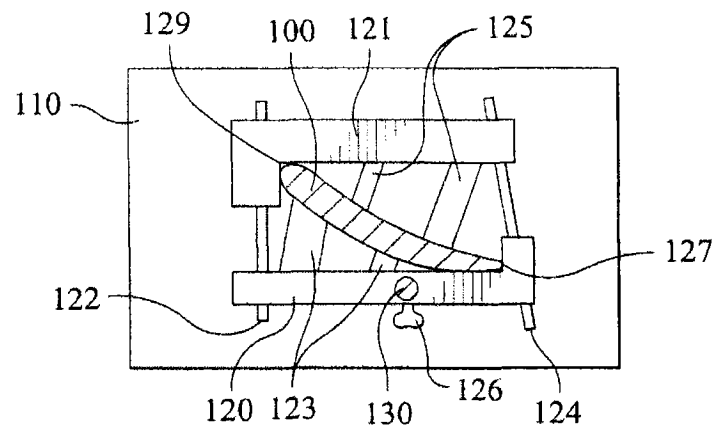


图 7

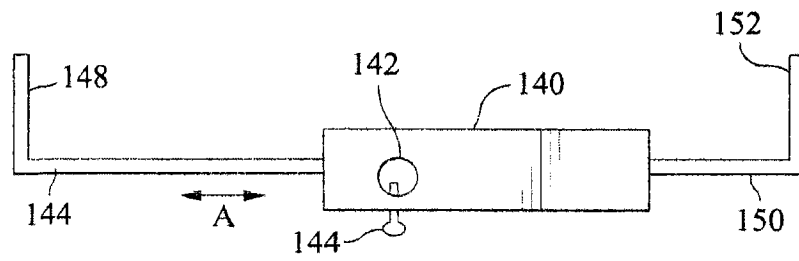


图 8

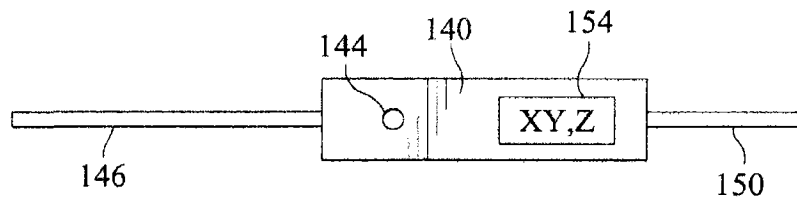


图 9

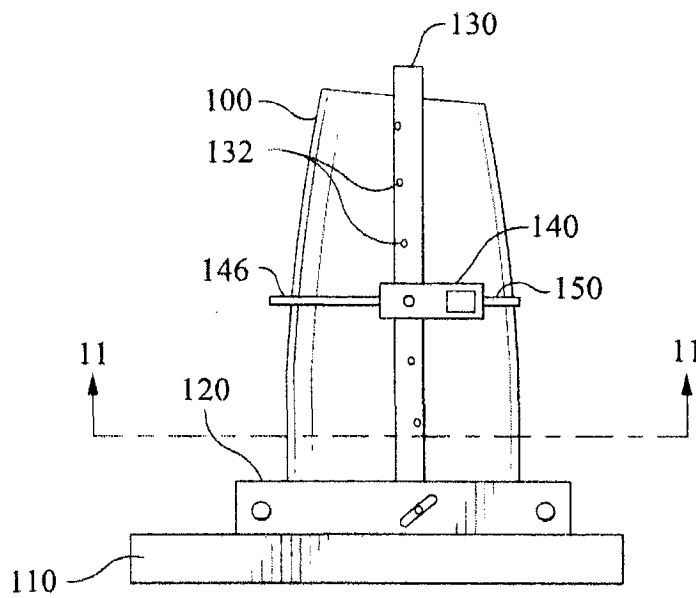


图 10

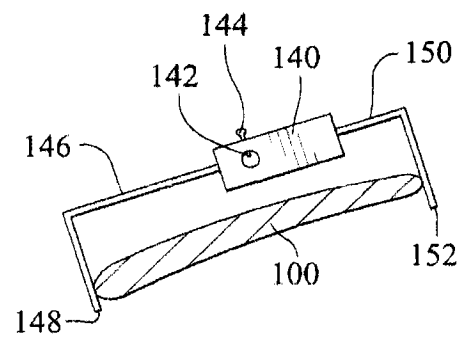


图 11

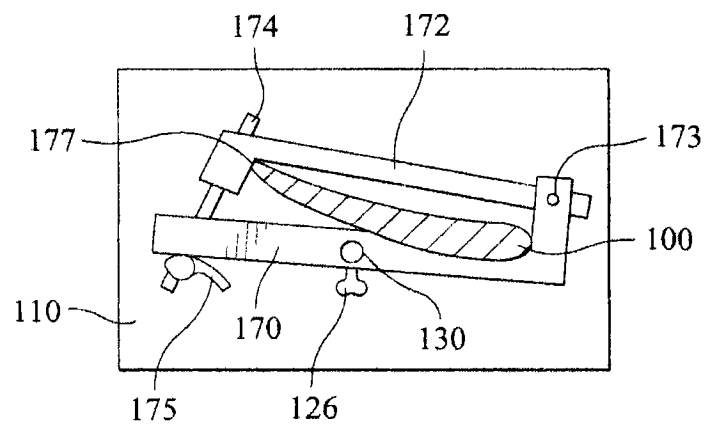


图 12

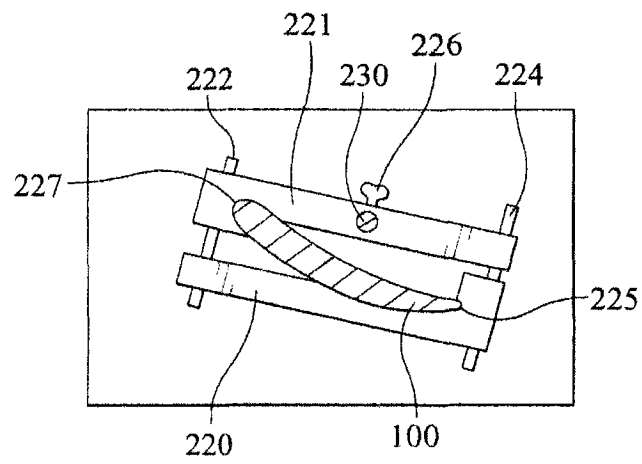


图 13

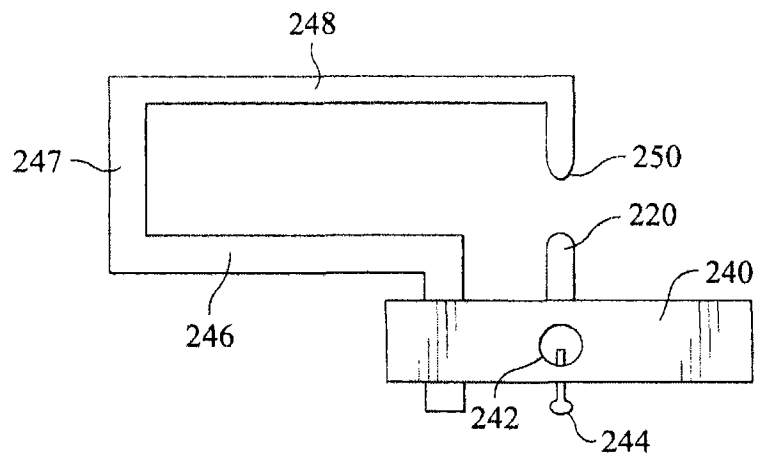


图 14

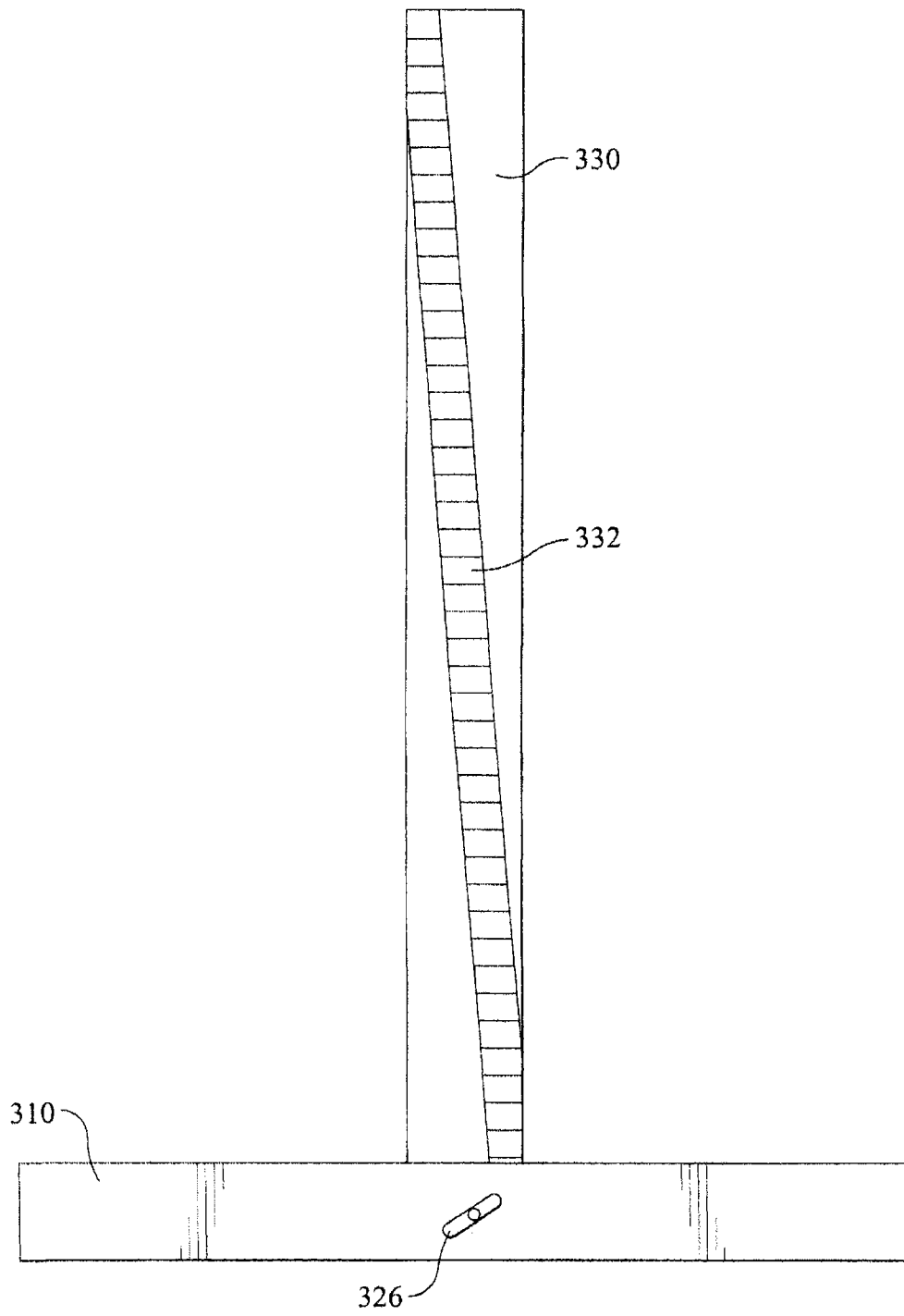


图 15

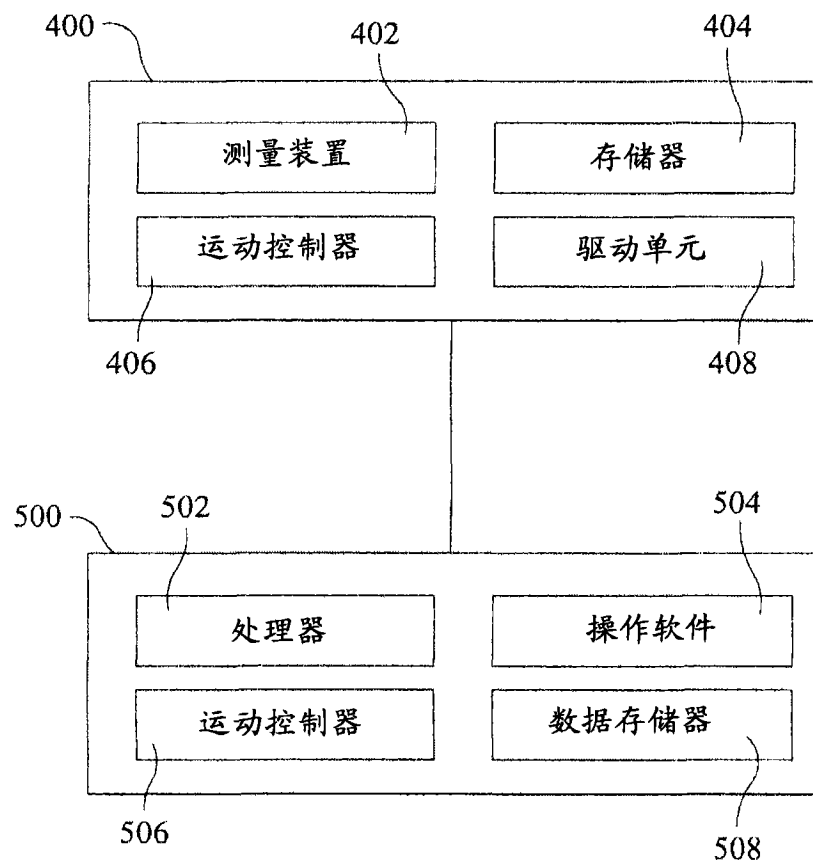


图 16