



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101014836 B

(45) 授权公告日 2010.04.28

(21) 申请号 200480043518.8

(22) 申请日 2004.07.01

(85) PCT申请进入国家阶段日
2007.01.04

(86) PCT申请的申请数据
PCT/US2004/021318 2004.07.01

(87) PCT申请的公布数据
W02006/014153 EN 2006.02.09

(73) 专利权人 微动公司
地址 美国科罗拉多州

(72) 发明人 C·B·范克莱维 M·J·贝尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001
代理人 范晓斌 黄力行

(51) Int. Cl.
G01F 1/84(2006.01)

(56) 对比文件

JP 58178218 A, 1983.10.19, 说明书第1页至第3页及图1-5.

EP 1248084 A1, 2002.10.09, 权利要求3, 说明书第37段, 附图3.

EP 1431719 A1, 2002.12.20, 全文.

US 2002/0174730 A1, 2002.11.28, 全文.

US 4756198 A, 1988.07.12, 全文.

US 4831885 A, 1989.05.23, 全文.

CN 1182477 A, 1998.05.20, 全文.

US 6439060 B1, 2002.08.27, 全文.

US 5054326 A, 1991.10.08, 全文.

审查员 张宇

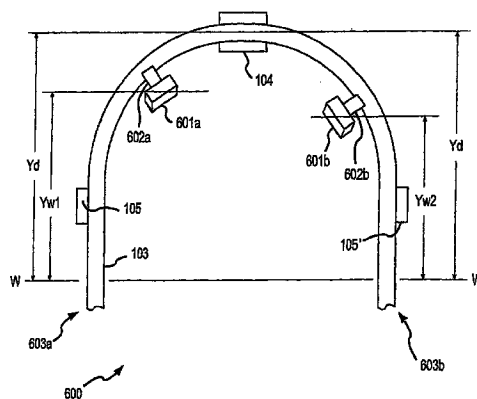
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于消除流动中的密度效应的分离式平衡配重

(57) 摘要

一种科里奥利流量计包括至少一个流管(103),该流管(103)包括第一流管节点(603a)、第二流管节点(603b)以及在第一流管节点(603a)和第二流管节点(603b)处与流管(103)相交的弯曲轴线W,流管(103)绕弯曲轴线W振动。流量计还包括连接到流管(103)的驱动系统(104)和平衡系统(600)。该平衡系统(600)包括两个或两个以上的Y向平衡配重(601a,601b)以及将这两个或两个以上Y向平衡配重(601a,601b)连接到流管(103)上的两个或两个以上的连接元件(602a,602b)。将至少一个第一Y向平衡配重(601a)在该第一流管节点(603a)和驱动系统(104)之间的第一位置处连接到流管(103)上,并且将至少一个第二Y向平衡配重(601b)在驱动系统(104)和第二流管节点(603b)之间的第二位置处连接到流管(103)上。



CN 101014836 B

1. 一种科里奥利流量计,包括:

至少一个流管 (103),该至少一个流管 (103) 包括第一流管节点 (603a) 和第二流管节点 (603b),并且包括在第一流管节点 (603a) 和第二流管节点 (603b) 处与流管 (103) 相交的弯曲轴线 W,其中,该至少一个流管 (103) 绕着该弯曲轴线 W 振动;

连接到该至少一个流管 (103) 的驱动系统 (104),所述驱动系统 (104) 的一个或多个部件从所述至少一个流管 (103) 的 XY 平面至少部分偏移;以及

连接到该至少一个流管 (103) 的平衡系统 (600),该平衡系统 (600) 包括两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a,601b) 以及将该两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a,601b) 连接到该至少一个流管 (103) 上的两个或两个以上的连接元件 (602a,602b),其中,将至少一个第一 Y 向平衡配重 (601a) 在该第一流管节点 (603a) 和该驱动系统 (104) 之间的第一位置处连接到该至少一个流管 (103) 上,并且将至少一个第二 Y 向平衡配重 (601b) 在该驱动系统 (104) 和该第二流管节点 (603b) 之间的第二位置处连接到该至少一个流管 (103) 上,其中 Z 向为所述至少一个流管 (103) 在振动时位移的方向, X 向沿着管路, Y 向垂直于 Z 向和 X 向。

2. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该驱动系统 (104) 位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 处,该第一 Y 向平衡配重 (601a) 位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w1} 处,并且该第二 Y 向平衡配重 (601b) 位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w2} 处。

3. 根据权利要求 2 所述的科里奥利流量计,其中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本为一又二分之一。

4. 根据权利要求 2 所述的科里奥利流量计,其中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本等于第二比值 Y_d/Y_{w2} 。

5. 根据权利要求 2 所述的科里奥利流量计,其中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 和第二比值 Y_d/Y_{w2} 配置成使得驱动频率与扭转频率的比值 $\omega_{DRIVE}/\omega_{TWIST}$ 随着该至少一个流管 (103) 内的流动介质的流体密度变化而基本上保持恒定。

6. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a,601b) 位于该至少一个流管 (103) 在扭转模式下的最大偏转点处。

7. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该两个或两个以上 Y 向平衡配重 (601a,601b) 以及该两个或两个以上连接元件 (602a,602b) 永久地连接到该至少一个流管 (103) 上。

8. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该两个或两个以上 Y 向平衡配重 (601a,601b) 以及该两个或两个以上连接元件 (602a,602b) 可拆卸地连接到该至少一个流管 (103) 上。

9. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该两个或两个以上的连接元件 (602a,602b) 是响应于该至少一个流管 (103) 的运动而至少局部地可变形的。

10. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该两个或两个以上的连接元件 (602a,602b) 以及该两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a,601b) 的变形导致该平衡系统 (600) 的固有频率小于该流量计的驱动频率。

11. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该平衡系统 (600) 基本上与该至少一个流管 (103) 异相振动。

12. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该平衡系统(600)的尺寸和位置设置成使得该平衡系统(600)和驱动系统(104)的组合质量中心基本上紧邻该至少一个流管(103)的中心线所在的平面。

13. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该平衡系统(600)位于该至少一个流管(103)的与驱动系统(104)相反的一侧。

14. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该平衡系统(600)位于该至少一个流管(103)的与驱动系统(104)相反的一侧,并且与该流管(103)的水平面成基本为 45 度的朝向。

15. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,该平衡系统(600)的尺寸和位置设置成使得该平衡系统(600)的动量与该驱动系统(104)的动量在基本垂直于驱动运动的方向上大小基本相等且方向相反。

16. 根据权利要求 1 所述的科里奥利流量计,其中,各 Y 向平衡配重(601)的质量 M_{split} 基本上等于定位在驱动器处的单平衡配重的质量 M_{single} 的二分之一乘以该驱动系统(104)在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 与该 Y 向平衡配重(601)在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_w 的商的立方。

17. 一种对科里奥利流量计进行力平衡的方法,该方法包括:

提供至少一个流管(103),该至少一个流管(103)包括第一流管节点(603a)和第二流管节点(603b)并且进一步包括在第一流管节点(603a)和第二流管节点(603b)处与流管(103)相交的弯曲轴线 W,其中,该至少一个流管(103)绕着该弯曲轴线 W 振动;

提供连接到该至少一个流管(103)的驱动系统(104),所述驱动系统(104)的一个或多个部件从所述至少一个流管(103)的 XY 平面至少部分偏移;以及

提供连接到该至少一个流管(103)的平衡系统(600),该平衡系统(600)包括两个或两个以上的 Y 向平衡配重(601a,601b)以及将该两个或两个以上的 Y 向平衡配重(601a,601b)连接到该至少一个流管(103)上的两个或两个以上的连接元件(602a,602b),其中,将至少一个第一 Y 向平衡配重(601a)在该第一流管节点(603a)和该驱动系统(104)之间的第一位置处连接到该至少一个流管(103)上,并且将至少一个第二 Y 向平衡配重(601b)在该驱动系统(104)和该第二流管节点(603b)之间的第二位置处连接到该至少一个流管(103)上,其中 Z 向为所述至少一个流管(103)在振动时位移的方向,X 向沿着管路,Y 向垂直于 Z 向和 X 向。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该驱动系统(104)位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 处,该第一 Y 向平衡配重(601a)位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w1} 处,并且该第二 Y 向平衡配重(601b)位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w2} 处。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本上为一又二分之一。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本上等于第二比值 Y_d/Y_{w2} 。

21. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 和第二比值 Y_d/Y_{w2} 配置成使得驱动频率与扭转频率的比值 $\omega_{DRIVE}/\omega_{TWIST}$ 随着该至少一个流管(103)内的流动介质的流体密度变化而基本上保持恒定。

22. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该两个或两个以上的 Y 向平衡配重(601a,601b)位于该至少一个流管(103)在扭转模式下的最大偏转点处。

23. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a, 601b) 以及该两个或两个以上的连接元件 (602a, 602b) 永久地连接到该至少一个流管 (103) 上。

24. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a, 601b) 以及该两个或两个以上的连接元件 (602a, 602b) 可拆卸地连接到该至少一个流管 (103) 上。

25. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该两个或两个以上的连接元件 (602a, 602b) 是响应于该至少一个流管 (103) 的运动而至少局部地可变形的。

26. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该两个或两个以上的连接元件 (602a, 602b) 以及该两个或两个以上的 Y 向平衡配重 (601a, 601b) 的变形导致该平衡系统 (600) 的固有频率小于该流量计的驱动频率。

27. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该平衡系统 (600) 基本上与该至少一个流管 (103) 异相振动。

28. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该平衡系统 (600) 的尺寸和位置设置成使得该平衡系统 (600) 和驱动系统 (104) 的组合质量中心基本上紧邻该至少一个流管 (103) 的中心线所在的平面。

29. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该平衡系统 (600) 位于该至少一个流管 (103) 的与驱动系统 (104) 相反的一侧。

30. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该平衡系统 (600) 位于该至少一个流管 (103) 的与驱动系统 (104) 相反的一侧,并且与该流管 (103) 的水平面成基本为 45 度的朝向。

31. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,该平衡系统 (600) 的尺寸和位置设置成使得该平衡系统 (600) 的动量与该驱动系统 (104) 的动量在基本垂直于驱动运动的方向上大小基本相等且方向相反。

32. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,各 Y 向平衡配重 (601) 的质量 M_{split} 基本上等于定位在驱动器处的单平衡配重的质量 M_{single} 的二分之一乘以该驱动系统 (104) 在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 与该 Y 向平衡配重 (601) 在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_w 的商的立方。

用于消除流动中的密度效应的分离式平衡配重

技术领域

[0001] 本发明涉及采用两个或两个以上分离式 Y 向平衡配重来对科里奥利流量计进行力平衡。

背景技术

[0002] 振动流管传感器（例如科里奥利质量流量计）典型的是通过检测容纳有材料的振动流管的运动来工作的。在流管中通过处理来自与流管相关联的运动传感器的信号来确定与流管内材料相关的特性，例如质量流量和密度等，因为填充有材料的振动系统的振动模式通常受到该容纳流管以及其中所容纳的材料的组合质量、刚度和阻尼特性的影响。

[0003] 典型的科里奥利流量计包括一个或多个流管，该流管串联在管线或其它传输系统中，并在该系统中传送例如流体和浆料等材料。可认为每个流管具有一组固有振动模式，例如包括纯弯曲模式、扭转模式、径向模式、以及耦合模式。在典型的科里奥利质量流量测量应用中，在材料流过流管时，流管以一种或多种振动模式被激励，并在沿流管间隔开的各个点处测量流管振动。激励一般由致动器提供，例如机电设备，诸如音圈型驱动器，它周期性扰动流管。可通过测量传感器位置处的运动之间的时间延迟或相位差来确定质量流率。

[0004] 时间延迟的幅值很小；通常测得的为纳秒级。因此需要传感器的输出极其精确。传感器的精度受到流量计结构的非线性和不对称的影响，或受到外力引起的运动的影响。例如，具有不平衡部件的科里奥利质量流量计会以流量计的驱动频率来振动其外壳、法兰以及管路。该振动扰动该时间延迟信号的量取决于支架的刚度。此外，科里奥利流量计基于驱动模式的频率来确定流体材料的密度。如果该驱动模式包括外壳、法兰以及管路的运动，那么密度测量的性能就会受到不利的影响。因为该支架的刚度通常是未知的，并随时间和温度而改变，因此，不平衡组件的影响不能得到补偿，并且会严重影响流量计性能。通过将流量计设计为平衡的，并且采用信号处理技术来补偿不必要的运动部件，从而减小这些不平衡振动和安装变化的影响。

[0005] 以上所讨论的不平衡振动仅涉及一个方向的振动：Z 方向。该 Z 方向为流管在振动时位移的方向。其它方向（包括沿着管路的 X 方向和垂直于 Z 和 X 方向的 Y 方向）是未被平衡的。该参考坐标系非常重要，因为科里奥利流量计在 Y 方向上产生次级正弦力。该力在未被平衡的 Y 方向上产生流量计振动，从而导致流量计误差。

[0006] 该次级力的一个来源是流量计驱动器组件的质量的位置。一个典型的驱动器组件包括固定到一个流管上的磁体和固定到另一个流管上的导电线圈。该 Y 向振动由驱动器磁体的质量中心和驱动器线圈的质量中心不在流管中心线所在的各自 X-Y 平面上而引起。这些 X-Y 平面需要间隔开以保持流管彼此不相互干扰。磁体和 / 或线圈的质量中心从它们的平面偏移，因为线圈需要与磁体端部同心，以便处于该磁场的最佳位置处。

[0007] 当驱动流管振动时，流管不会真正地平移，而是绕着其被固定的位置周期性弯曲。该弯曲近似绕固定点转动。那么则可将该振动视为绕其旋转中心 CR 以小角度进行周期性转动。振动的角度幅度由在 Z 方向上所期望的振动幅度和距处于驱动器位置处的流管中心

的旋转中心的距离 d 确定。该振动的角度幅度 $\Delta \theta$ 由以下关系确定：

$$[0008] \quad \Delta \theta = \arctan(\Delta Z/d) \quad (1)$$

[0009] 驱动器部件（磁体或线圈组件）的质量中心从流管中心线的偏移导致驱动器部件的质量中心具有振动的 Y 向分量。驱动器部件的质量通常在 Z 方向上有偏移，该偏移至少等于流管半径。因此，从流管中心线的角度偏移 Φ 是不可忽视的。驱动器部件的质量以与流管相同的角度幅度 $\Delta \theta$ 绕其偏移位置振荡。将驱动器质量的运动近似为垂直于将驱动器质量中心与旋转中心 CR 相连的线，从下式中可解出驱动器质量的 Y 方向运动 ΔY_m ：

$$[0010] \quad \Delta Y_m = \Delta Z \sin(\Phi) \quad (2)$$

[0011] 驱动器部件质量的 Y 方向运动导致整个流量计在 Y 方向振动。对于自由悬挂的流量计，动量守恒原理要求整个流量计的 Y 向振动等于驱动器质量的 Y 向振动幅度乘以驱动器质量与流量计质量的比值。整个流量计的 Y 向振动为在 Z 方向上所期望的流管振动与驱动部件的质量中心的角度偏移相结合的直接结果。所期望的流管振动和所不期望的整个流量计的 Y 向振动之间的结合意味着：抑止流量计的 Y 向振动就会抑止 Z 方向的流管振动，以及刚性的流量计支架提高流管频率，而柔性的流量计支架降低流管频率。已经在 Y 向振动幅度大的流量计中经实验观察出流管频率随支架刚度的变化。这是个问题，因为流管频率用于确定流体密度，并且该频率还表明流管刚度。因支架刚度引起的流管刚度的变化改变了流量计的校准系数。该驱动振动以及本地环境之间的直接结合还导致流量计的不稳定的零点（当没有流体流过时的流量信号）。

发明内容

[0012] 本发明采用平衡系统帮助解决与非平衡振动力相关的问题，该平衡系统的尺寸和位置设置成可以平衡该驱动系统。有利的是，在一些实施例中，本发明能够在宽范围的可能流体材料密度内维持基本上恒定的质量流量校准系数。

[0013] 平衡系统的一些实施例包括两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及将这两个或两个以上的 Y 向平衡配重连接到流管的两个或两个以上的连接元件。在第一流管节点和驱动系统之间的第一位置处将至少一个第一 Y 向平衡配重连接到流管上，并且在驱动系统和第二流管节点之间的第二位置处将至少一个第二 Y 向平衡配重连接到流管上。这两个或两个以上的 Y 向平衡配重的尺寸和位置设置成使得该驱动器加上这两个或两个以上的 Y 向平衡配重的组合质量中心基本上位于流管中心线所在的 X - Y 平面上。

[0014] 在一些示例中，被称作有效 Y 向平衡件的两个或两个以上的平衡配重器件可配置在该流管（或多个流管）上。有效 Y 向平衡件包括连接到连接元件的一个端部的质量块，该连接元件的另一端部在驱动器和弯曲轴线 W 之间安装到流管上。有效 Y 向平衡件可用于一个或两个流管，这取决于磁体和线圈的质量中心的位置以及流量计的构造类型（即单流管或双流管）。

[0015] 一种有效 Y 向平衡件通过利用 Z 方向流管运动而使得该有效 Y 向平衡质量块在 Y 方向上移动。可将该有效 Y 向平衡件的 Y 方向动量设计为用来平衡该驱动部件的 Y 方向动量，并因此防止不希望的情况和环境运动。通过等同的原理，还可以使流量计不受环境振动和衰减的影响。

[0016] 本发明的各个方面

[0017] 本发明的一方面为科里奥利流量计,它包括:

[0018] 至少一个流管,该至少一个流管包括第一流管节点和第二流管节点,并且包括在第一流管节点和第二流管节点处与流管相交的弯曲轴线 W,其中,该至少一个流管绕着该弯曲轴线 W 振动;

[0019] 连接到该至少一个流管的驱动系统,所述驱动系统的一个或多个部件从所述至少一个流管的 XY 平面至少部分偏移;以及

[0020] 连接到该至少一个流管的平衡系统,该平衡系统包括两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及将该两个或两个以上的 Y 向平衡配重连接到该至少一个流管上的两个或两个以上的连接元件,其中,将至少一个第一 Y 向平衡配重在该第一流管节点和该驱动系统之间的第一位置处连接到该至少一个流管上,并且将至少一个第二 Y 向平衡配重在驱动系统和该第二流管节点之间的第二位置处连接到该至少一个流管上。

[0021] 优选地,该驱动系统位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 处,该第一 Y 向平衡配重位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w1} 处,并且该第二 Y 向平衡配重位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w2} 处。

[0022] 优选地,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本为一又二分之一。

[0023] 优选地,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本等于第二比值 Y_d/Y_{w2} 。

[0024] 优选地,第一比值 Y_d/Y_{w1} 和第二比值 Y_d/Y_{w2} 配置成使得驱动频率与扭转频率的比值 $\omega_{DRIVE}/\omega_{TWIST}$ 随着该至少一个流管内的流动介质的流体密度变化而基本上保持恒定。

[0025] 优选地,该两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及该两个或两个以上连接元件永久地连接到该至少一个流管上。

[0026] 优选地,该两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及该两个或两个以上连接元件可拆卸地连接到该至少一个流管上。

[0027] 优选地,该两个或两个以上的连接元件是响应于该至少一个流管的运动而至少局部地可变形的。

[0028] 优选地,该两个或两个以上的连接元件以及该两个或两个以上的 Y 向平衡配重的变形导致该平衡系统的固有频率小于该流量计的驱动频率。

[0029] 优选地,该平衡系统基本上与该至少一个流管异相振动。

[0030] 优选地,该平衡系统的尺寸和位置设置成使得该平衡系统和驱动系统的组合质心基本上紧邻该至少一个流管的中心线所在的平面。

[0031] 优选地,该平衡系统位于该至少一个流管的与驱动系统基本相反的一侧上。

[0032] 优选地,该平衡系统位于该至少一个流管的与驱动系统基本相反的一侧上,并且与该流管的水平面成基本为 45 度的朝向。

[0033] 优选地,该平衡系统的尺寸和位置设置成使得该平衡系统的动量与该驱动系统的动量在基本垂直于驱动运动的方向上大小基本相等且方向基本相反。

[0034] 优选地,各 Y 向平衡配重的质量 M_{split} 基本上等于定位在驱动器处的单平衡配重的质量 M_{single} 的二分之一乘以该驱动系统在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 与该 Y 向平衡配重在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_w 的商的立方。

[0035] 本发明的另一方面为一种对科里奥利流量计进行力平衡的方法,该方法包括:

[0036] 提供至少一个流管,该至少一个流管包括第一流管节点和第二流管节点,并且包

括在第一流管节点和第二流管节点处与流管相交的弯曲轴线 W, 其中, 该至少一个流管绕着该弯曲轴线 W 振动;

[0037] 提供连接到该至少一个流管的驱动系统, 所述驱动系统的一个或多个部件从所述至少一个流管的 XY 平面至少部分偏移; 以及

[0038] 提供连接到该至少一个流管的平衡系统, 该平衡系统包括两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及将该两个或两个以上的 Y 向平衡配重连接到该至少一个流管上的两个或两个以上的连接元件, 其中, 将至少一个第一 Y 向平衡配重在该第一流管节点和该驱动系统之间的第一位置处连接到该至少一个流管上, 并且将至少一个第二 Y 向平衡配重在驱动系统和该第二流管节点之间的第二位置处连接到该至少一个流管上。

[0039] 优选地, 该驱动系统位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 处, 该第一 Y 向平衡配重位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w1} 处, 并且该第二 Y 向平衡配重位于该弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w2} 处。

[0040] 优选地, 第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本为一又二分之一。

[0041] 优选地, 第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本等于第二比值 Y_d/Y_{w2} 。

[0042] 优选地, 第一比值 Y_d/Y_{w1} 和第二比值 Y_d/Y_{w2} 配置成使得驱动频率与扭转频率的比值 $\omega_{DRIVE}/\omega_{TWIST}$ 随着该至少一个流管内的流动介质的流体密度变化而基本上保持恒定。

[0043] 优选地, 该两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及该两个或两个以上连接元件永久地连接到该至少一个流管上。

[0044] 优选地, 该两个或两个以上的 Y 向平衡配重以及该两个或两个以上连接元件可拆卸地连接到该至少一个流管上。

[0045] 优选地, 该两个或两个以上的连接元件是响应于该至少一个流管的运动而至少局部地可变形的。

[0046] 优选地, 该两个或两个以上的连接元件以及该两个或两个以上的 Y 向平衡配重的变形导致该平衡系统的固有频率小于该流量计的驱动频率。

[0047] 优选地, 该平衡系统基本上与该至少一个流管异相振动。

[0048] 优选地, 该平衡系统的尺寸和位置设置成使得该平衡系统和驱动系统的组合质心基本上紧邻该至少一个流管的中心线所在的平面。

[0049] 优选地, 该平衡系统位于该至少一个流管的与驱动系统基本相反的一侧上。

[0050] 优选地, 该平衡系统位于该至少一个流管的与驱动系统基本相反的一侧上, 并且与该流管的水平面成基本为 45 度的朝向。

[0051] 优选地, 该平衡系统的尺寸和位置设置成使得该平衡系统的动量与该驱动系统的动量在基本垂直于驱动运动的方向上大小基本相等且方向基本相反。

[0052] 优选地, 各 Y 向平衡配重的质量 M_{split} 基本上等于定位在驱动器处的单平衡配重的质量 M_{single} 的二分之一乘以该驱动系统在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 与该 Y 向平衡配重在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_w 的商的立方。

附图说明

[0053] 图 1 所示为包括流量计组件和流量计电子设备的科里奥利流量计;

[0054] 图 2 所示为科里奥利流量计的一个实施例中的驱动系统;

- [0055] 图 3 所示为科里奥利流量计的流管的 X 轴剖面图；
- [0056] 图 4 所示为本发明第一示例中的平衡系统；
- [0057] 图 5 所示为本发明另一示例中的平衡系统；以及
- [0058] 图 6 所示为本发明又一示例中的平衡系统。

具体实施方式

[0059] 图 1-6 以及以下说明描述了特定实施例，以教导本领域的技术人员如何制造并应用本发明的最好模式。出于教导创造性原理的目的，简化或省略了一些传统方面。本领域的技术人员会理解这些落入本发明的范围内的对这些示例的变型。本领域的技术人员会理解，以下描述的特征可以以各种方式组合，以构成本发明的多种变型。从而，本发明不限于以下描述的具体实施例，而是由权利要求及其等价物来限定。

[0060] 图 1 示出了包括流量计组件 10 和流量计电子设备 20 的科里奥利流量计 5。流量计电子设备 20 经由导线 100 连接到流量计组件 10，以在路径 26 上提供密度、质量流率、体积流率、总质量流量、温度以及其它信息。对于本领域技术人员来说显而易见的是，本发明可采用任意类型的科里奥利流量计，而与驱动器、拾取传感器和流管的数量以及振动工作模式无关。

[0061] 流量计组件 10 包括：一对法兰 101 和 101'；歧管 102 和 102'；驱动器 104；拾取传感器 105-105'；以及流管 103A 和 103B。驱动器 104 和拾取传感器 105 和 105' 连接到流管 103A 和 103B 上。流量计组件 10 还可包括温度传感器（未示出）。

[0062] 法兰 101 和 101' 固定到歧管 102 和 102' 上。歧管 102 和 102' 固定在隔离物 106 的相对两端。隔离物 106 保持歧管 102 和 102' 之间的间距，以防止流管 103A 和 103B 中产生不期望的振动。当流量计组件 10 被插入到运送被测材料的管路系统（未示出）时，材料经法兰 101 进入流量计组件 10，经过入口歧管 102，所有材料在该入口歧管 102 处被导入流管 103A 和 103B，然后流过流管 103A 和 103B，并返回到出口歧管 102' 内，材料在该出口歧管 102' 处通过法兰 101' 而流出该流量计组件 10。

[0063] 选择流管 103A 和 103B 并适当地安装到入口歧管 102 和出口歧管 102'，以分别关于弯曲轴线 W-W 和 W'-W' 具有基本上相同的质量分布、惯性力矩以及弹性模量。这些流管以基本平行的方式从歧管向外延伸。

[0064] 关于流管 103A-B 各自的弯曲轴线 W 和 W'、并在称作流量计的第一异相弯曲模式下由驱动器 104 在相反方向上驱动流管 103A-B。驱动器 104 可包括多种众所周知的装置中的一种，例如安装到流管 103A 的磁体以及安装到流管 103B 的对置线圈。流过该对置线圈的交流电流引起两流管振荡。由流量计电子设备 20 经由导线 110 向驱动器 104 施加合适的驱动信号。图 1 的描述仅作为科里奥利流量计操作的一个示例，并非意欲限制本发明的教导。

[0065] 流量计电子设备 20 分别接收来自导线 111 和 111' 上的传感器信号。流量计电子设备 20 在导线 110 上产生导致驱动器 104 振荡流管 103A 和 103B 的驱动信号。流量计电子设备 20 处理来自拾取传感器 105、105' 的左右速度信号，以计算质量流率。路径 26 提供一种输入和输出装置，它使得流量计电子设备 20 能够与操作者通过界面交互。

[0066] 图 2 所示为科里奥利流量计 5 的一个实施例中的驱动系统 104。在优选的示范性

实施例中,驱动器 104 为一种线圈和磁体组件。本领域的技术人员应注意到,可采用其它类型的驱动系统。

[0067] 驱动器 104 具有磁体组件 210 和线圈组件 220。支架 211 从磁体组件 210 和线圈组件 220 以相反方向向外延伸。支架 211 为从扁平基座向外延伸的翼,并在底部上具有充分弯曲的边缘 290,该边缘 290 的形成是为了接纳流管 103A 或 103B。然后支架 211 的弯曲边缘 290 以焊接或以其它方式固定到流管 103A 和 103B,以将驱动器 104 安装到科里奥利流量计 5。

[0068] 磁体组件 210 具有磁体保持器 202 作为基座。支架 211 从磁体保持器 202 的第一侧延伸。壁 213 和 214 从磁体保持器 202 的第二侧的外边缘向外延伸。壁 213 和 214 控制磁体 203 的磁场方向垂直于线圈 204 的绕组。

[0069] 磁体 203 为基本上圆柱形磁体,其具有第一端部和第二端部。磁体 203 适于放入磁体套筒(未示出)内。该磁体套筒以及磁体 203 固定到磁体保持器 202 的第二表面,以将磁体 203 固定在该磁体组件 210 中。磁体 203 一般具有固定到其第二侧的一个磁极(未示出)。该磁极(未示出)是一种安装到磁体 203 的第二端部的盖,以将磁场导引到线圈 204 中。

[0070] 线圈组件 220 包括线圈 204 以及线圈架 205。线圈架 205 固定到支架 211。线圈架 205 具有一个从第一表面伸出的绕线轴,线圈 204 绕着该绕线轴缠绕。线圈 204 安装到与磁体 203 相对的线圈架 205 上。线圈 204 连接到导线 110,该导线 110 将交流电施加到线圈 204。交流电引起线圈 204 和磁体 203 彼此吸引和排斥,而这又使得流管 103A 和 103B 彼此反向振荡。

[0071] 图 3 所示为简化的流管 103 的 X 轴剖面图。流管 103 上已经安装有驱动器 104。驱动器 104 从流管 103 偏移 Φ 。流管 103 在 Z 方向上以幅度 ΔZ 移动。因流管 103 沿 Z 方向平移,其固定位置导致流管绕其旋转中心 CR 旋转,从而产生角度幅度 $\Delta \theta$ 。驱动器 104 和它的相关质量中心 CM 以与流管 103 相同的角度幅度 $\Delta \theta$ 旋转。然而,因为偏移角度 Φ ,驱动部件质量中心 CM 沿线 L 上下振动。这给出了驱动部件质量中心 CM 的竖直运动 ΔY_m 。

[0072] 图 4 所示为本发明第一示例中的平衡系统 400。平衡系统 400 包括连接到流管 103A&B 上的 Y 向平衡配重 401&402。可以采用包括机械安装、焊接、铜焊、或粘接的各种方法来实现 Y 向平衡配重 401&402 的连接。Y 向平衡配重 401 具有质量中心 CM_{b1} 。Y 向平衡配重 401 的尺寸和位置设置成使得 Y 向平衡配重的质量中心 CM_{b1} 与线圈组件的质量中心 CM_c 组合形成位于流管 103A 的 X-Y 平面上的组合质量中心 CCM_1 。同样,Y 向平衡配重 402 具有质量中心 CM_{b2} 。Y 向平衡配重 402 的尺寸和位置设置成使得它的质量中心 CM_{b2} 与磁体组件的质量中心 CM_m 组合形成位于流管 103B 的 X-Y 平面上的组合质量中心 CCM_2 。这些 Y 向平衡配重的具体属性是这样的:Y 向平衡配重的质量乘以在 Y 方向上的速度与驱动器组件的质量乘以在 Y 方向上的速度相比,其大小相等且方向相反,对于每根流管来说如下式所示:

$$[0073] \quad (M \cdot V_Y)_{BW} + (M \cdot V_Y)_{DA} = 0 \quad (3)$$

[0074] (其中,下标 BW 表示平衡配重,下标 DA 表示驱动器组件)。换句话说,Y 向平衡配重的动量与安装到特定流管上的驱动器组件的动量相反,如下式给出:

$$[0075] \quad (M_{BW})_Y + (M_{DA})_Y = 0 \quad (4)$$

[0076] 图 5 所示为本发明另一示例中的平衡系统 500。该平衡系统 500 包括利用板簧

504&505 连接到流管 103A&B 上的 Y 向平衡配重 501&502。在本实施例中的板簧 504 相对于 X-Y 平面大约以 45 度定向,并且板簧连接到流管上与线圈组件 220 相反的一侧。板簧 504 的刚度以及 Y 向平衡配重 501 的质量选择为这样,即,使得在其第一振动模式(跳板模式)下的有效 Y 向平衡的固有频率低于流量计的驱动频率。在固有频率低于激励(驱动)频率的情况下,平衡配重 501 趋于与流管 103A 异相运动。因此,在流管 103A 向左(-Z 方向)移动时,有效 Y 向平衡配重 501 相对于流管向右(+Z)移动。但是,因为板簧 504 相对于 X-Y 平面所具有的角度,平衡配重 501 被板簧 504 强制向右下方(+Z 和 -Y)移动。这是有益的,因为当流管 103A 向左移动时,该偏移线圈组件 220 向左上方(-Z 和 +Y)移动。通过设计质量和弹性系数(spring rate),使得该有效 Y 向平衡的 Y 方向动量(质量乘以速度)与该偏移驱动器组件的 Y 方向动量大小相等且方向相反,从而使得整个流量计的外部 Y 方向振动能几乎被消除。相同的设计原理可应用于流管 103B。

[0077] 该第二示例还具有另外的优势。因为平衡配重 501 和 502 是由板簧 504&505 从流管 103A&B 悬吊出来的,因此它们与流管 103A&B 异相振动,从而导致非常小的质量连接到流管 103A&B。

[0078] 应当理解,附图中给出的板簧 504 和平衡配重 501 的角度和朝向是作为示例的。板簧 504 和平衡配重 501 的角度和朝向可以改变,并且仍能获得本发明的目标。

[0079] 图 6 所示为本发明又一示例中的平衡系统 600。在该实施例中,该平衡系统 600 包括具有第一流管节点(node)603a 和第二流管节点 603b 的流管 103、驱动系统 104、拾取传感器 105 和 105'、至少第一和第二 Y 向平衡配重 601a 和 601b、以及至少第一和第二连接元件 602a 和 602b。拾取传感器 105 和 105' 位于驱动系统 104 以及第一流管节点 603a 和第二流管节点 603b 之间。应当理解,图中给出的流管 103 的形状是作为示例的,流管 103 可包括其它几何形状。还应当理解,Y 向平衡配重 601a 和 601b 的位置也是示例,并且这些位置可根据流管材料、流管几何形状、流动材料、温度、驱动器振动、驱动器质量、传感器质量、结构公差等因素来改变。

[0080] 流管 103 可构成单流管流量计或可构成两流管流量计(见图 5)中的一个部件。流管 103 绕弯曲轴线 W 振动(还可参见图 3 的旋转中心 CR)。弯曲轴线 W 与流管在第一流管节点 603a 和第二流管节点 603b 处相交。

[0081] Y 向平衡配重 601 和连接元件 602 连接到流管 103。第一 Y 向平衡配重 601a 和第一连接元件 602a 可连接到第一流管节点 603a 和驱动系统 104 之间的流管 103 上。同样,第二 Y 向平衡配重 601b 和第二连接元件 602b 可连接到驱动系统 104 和第二流管节点 603b 之间的流管 103 上。通过相应的第一连接元件 602a 和第二连接元件 602b 可将第一 Y 向平衡配重 601a 和第二 Y 向平衡配重 601b 永久地或可拆卸地连接至流管 103。此外,可拆卸连接的连接元件 602 可包括可滑动连接的连接元件 602,该可滑动连接的连接元件 602 能够可滑动地定位在流管 103 上。

[0082] 采用两个或两个以上 Y 向平衡配重 601 来精确并有效地执行对流量计 5 的 Y 向平衡,而不影响流量计 5 的流量校准特性。对于在流管 103 上的单个点处安装单个 Y 向平衡配重来说,所面临的问题在于:当流量计 5 用于不同密度的流体时,流量校准系数要变化。为了使流量计 5 具有与流体密度无关的流量校准系数,加到流管 103 上的质量分布必须是这样的,即,使得驱动频率与扭转(twist)频率的比率(即, $\omega_{\text{DRIVE}}/\omega_{\text{TWIST}}$)在流体密度的任意

和所有变化下保持恒定。

[0083] 在典型的 U 形管流量计中,流管 103 以驱动频率振动。该驱动频率选择成基本上匹配该流管 103 的谐振频率。所得到的驱动模式振动(即,第一异相弯曲模式)包括位于流管 103 端部处的静止节点,而振动幅度的最大点出现在流管 103 的中心,即出现在驱动系统 104 处。例如,这些端部节点可包括图 6 中所示的节点 603a 和 603b。

[0084] 该扭转模式的振动是由流体流动产生的科里奥利力引起的。就是在该扭转模式中的流管振动产生了该时间延迟,并且由该电子设备测量该时间延迟。在扭转模式振动(即第二异相弯曲模式)中,流管 103 在流管的端部处具有静止的节点,此外流管 103 还包括位于中心处(即驱动系统 104 处)的静止节点。因此,在该扭转模式中,流管 103 的最大振幅出现在位于驱动系统 104 和端部节点之间的两个点处。

[0085] 该扭转模式具有的扭转谐振频率通常高于该驱动频率。然而,科里奥利力在该驱动频率处具有最大的振幅,而不是在该较高的扭转频率处具有最大的振幅,并且优选在驱动频率处测量该科里奥利力。该扭转模式振动的谐振频率通常高于驱动模式振动的谐振频率。因此,该合成振动幅度为驱动频率与扭转谐振频率的频率差的函数。如果这两个频率接近,则扭转幅度就大。如果这两个频率相差远,该扭转幅度就小。因此可以看出,为了将流量计的流量校准系数保持在一个恒定水平,驱动频率与扭转谐振频率之间的频率比必须保持恒定。

[0086] 当流体密度改变时,驱动频率和扭转频率都改变。流管的质量位置决定了该频率比是否在这两者之间维持恒定。因为在典型的 U 形管流量计中,该驱动模式包括位于流管 103 端部处的节点,并且因为最大幅度点出现在中心,在驱动系统 104 处设置附加质量的效果是:降低驱动频率,并降低流体密度改变对该驱动频率的影响。在该扭转模式中,其中在每个流管的两个端部存在节点,在流管中心处也存在一个节点,由于该中心节点,在驱动系统 104 处设置附加质量不会影响该扭转模式。然而,在扭转模式中,在最大偏转点处(位于驱动系统 104 与端部节点之间)设置质量会降低该扭转模式对流体密度变化的敏感性。

[0087] 对这一缺陷的解决方案是形成一种平衡系统 600,该平衡系统 600 包括在驱动系统 104 的两侧上设置的至少两个间隔开的 Y 向平衡配重 601。如图所示,该至少两个 Y 向平衡配重 601 位于驱动系统 104 的上游和下游。这样,这些 Y 向平衡配重的质量可设在距驱动系统 104 的一段距离处,使得该驱动频率和该扭转频率都随着流体密度的改变而变化适当量。距驱动系统 104 的距离可通过例如有限元分析来确定,举例来说,该距离已确定为这样的距离,即,在此处的频率比($\omega_{\text{DRIVE}}/\omega_{\text{TWIST}}$)随密度变化而保持恒定。同时,这些平衡配重的尺寸设置为使得它们对于流量计的 Y 向平衡来说是适当的。

[0088] 驱动系统 104 设在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_d 处。第一 Y 向平衡配重 601a 设在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w1} 处。第二 Y 向平衡配重 601b 设在弯曲轴线 W 之上的竖直距离 Y_{w2} 处。因此,例如根据 Y 向距离比值 Y_d/Y_{w1} 和 Y_d/Y_{w2} 来定位这两个或两个以上的 Y 向平衡配重 601a 和 601b。在一个实施例中,这两个比值中的一个或两个可以基本上是一又二分之一(即, $Y_d/Y_w = 3/2$)。在具有不同的流管几何形状(和其它系数)的另一实施例中,该比值可以基本上是二。然而,也可按需要来使用其它值。在一个实施例中,第一比值 Y_d/Y_{w1} 基本上等于第二比值 Y_d/Y_{w2} (即, $Y_d/Y_{w1} = Y_d/Y_{w2}$)。然而,应当理解,这些距离可根据流管的尺寸和特性、结构公差等改变,并且这些距离因此可形成任意大小的比值。而且,这两个

比值 Y_d/Y_{w1} 和 Y_d/Y_{w2} 可以不同,并不是必须相等。

[0089] Y 向平衡配重 601 的实际位置也就是距离 Y_{w1} 和 Y_{w2} 例如可通过实验来确定,或者采用有限元分析 (FEA) 方法通过迭代来确定。在流管 103 内的流动介质的流体密度发生变化的情况下,所期望的 FEA 结果保持为基本恒定的 $\omega_{DRIVE}/\omega_{TWIST}$ 比值。因此所期望的 FEA 将 Y 向运动限制在可接受的水平。在一个实施例中,FEA 计算的大致起始点最初将 Y 向平衡配重 601 定位在拾取传感器 105 和 105' 上的一半路径上 (即,该距离比 Y_d/Y_{w1} 和 Y_d/Y_{w2} 大约等于 2,并且与水平方向形成大约为 45 度的角度)。

[0090] 此外,在确定了每个 Y 向平衡配重 601 的位置后,将计算它的质量。需要每个分离式 Y 向平衡配重 601 的质量 M_{split} 大于位于驱动系统 104 处的单个 Y 向平衡配重的质量 M_{single} ,以便获得相同的质量平衡效果。通过采用以下公式近似确定 Y 向平衡配重 601a 或 601b 的质量 M_{split} :

$$[0091] \quad M_{split} = 1/2(M_{single})(Y_d/Y_w)^3 \quad (5)$$

[0092] 因此,当竖直距离 Y_w 减小时,以上公式会引起质量 M_{split} 增加。

[0093] 正如以上所论述的图 5 中的 Y 向平衡配重 501 和板簧 504,连接元件 602a 和 602b 可为至少局部是可变形的。例如,该连接元件 602 可包括弹簧或板簧。因此,该连接元件 602a 和 602b 可响应于流管 103 的运动而变形。这两个或两个以上的连接元件 602 以及这两个或两个以上的 Y 向平衡配重 601 的变形导致平衡系统 600 的固有频率小于流量计 5 的驱动频率。因此,平衡系统 600 可与流管 103 异相振动。

[0094] 在一个实施例中,该平衡系统 600 的尺寸和位置设置成使得该驱动系统 104 和该平衡系统 600 的组合质量中心基本上紧邻该流管 103 中心线所在的平面。在一个实施例中,该平衡系统 600 基本上位于该流管 103 的与驱动系统 104 相反的一侧上 (见图 5)。在一个实施例中,平衡系统 600 基本上位于该流管 103 的与驱动系统 104 相反的一侧上,并相对于流管 103 的水平面基本为 45 度朝向。在一个实施例中,该平衡系统 600 的尺寸和位置设置成使得平衡系统 600 的动量与驱动系统 104 的动量在基本垂直于驱动运动的方向上大小相等且方向相反。

[0095] 应当理解,为了实现本发明的目的,可采用两个以上的 Y 向平衡配重 601。此外,可应用各种数量和结构的连接元件 602。连接元件 602 可包括 Y 向平衡配重 601 之间的横向联接,每个 Y 向平衡配重 601 可包括多个连接元件 602,可包括各种形状或尺寸的连接元件 602,可包括由不同材料形成的连接元件 602,可包括具有不同变形特性的连接元件 602 等。

[0096] 以上示例不限于补偿驱动器的质量偏移。例如,由流管力引起的歧管铸件的变形会导致流量计法兰在 Y 方向上振动。如果法兰振动与驱动质量偏移引起的振动同相,可增加平衡质量块以补偿由歧管变形引起的附加振动。同样,如果由歧管变形引起的法兰振动与驱动质量偏移引起的振动异相,就可以将平衡质量块制造得更小。

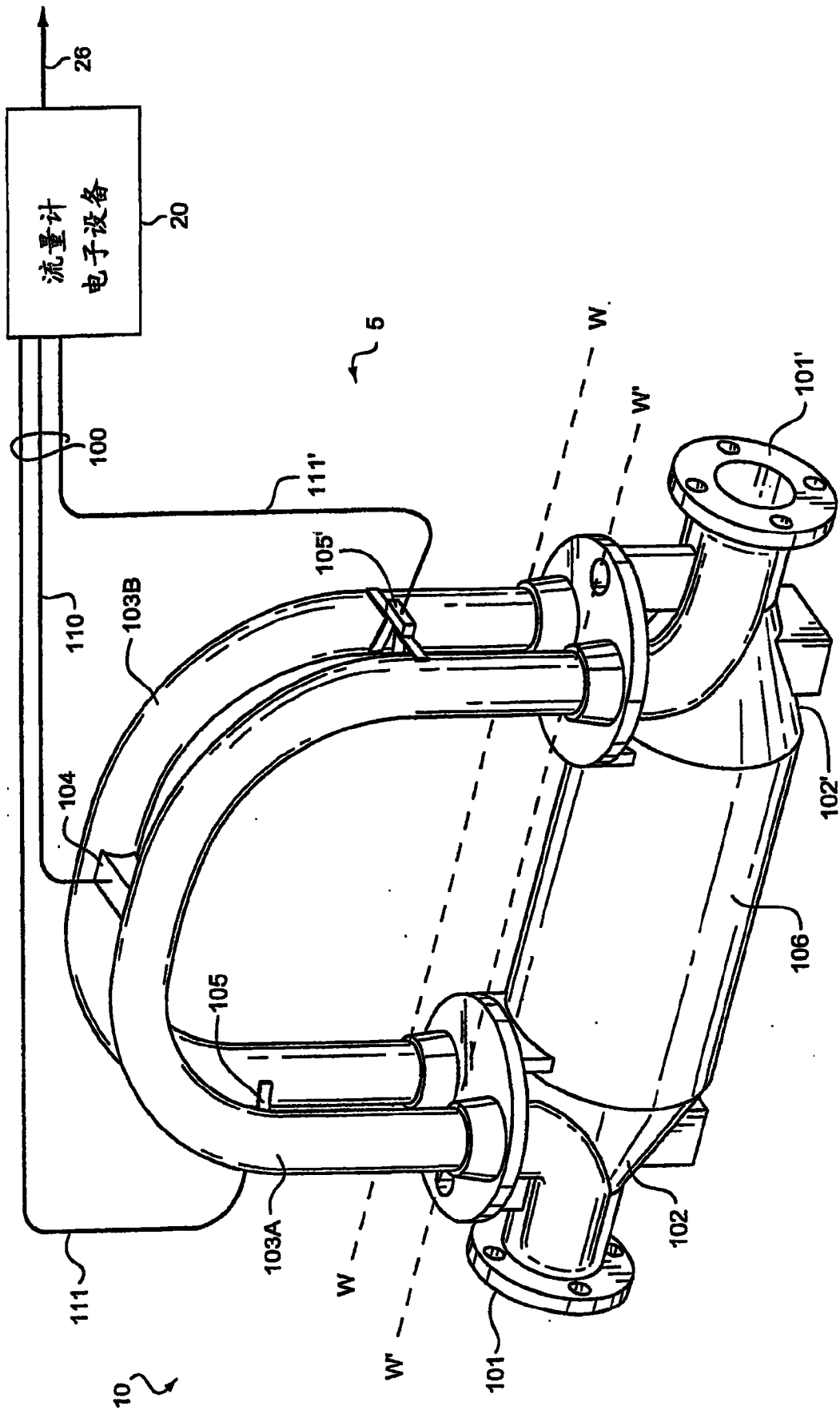


图 1

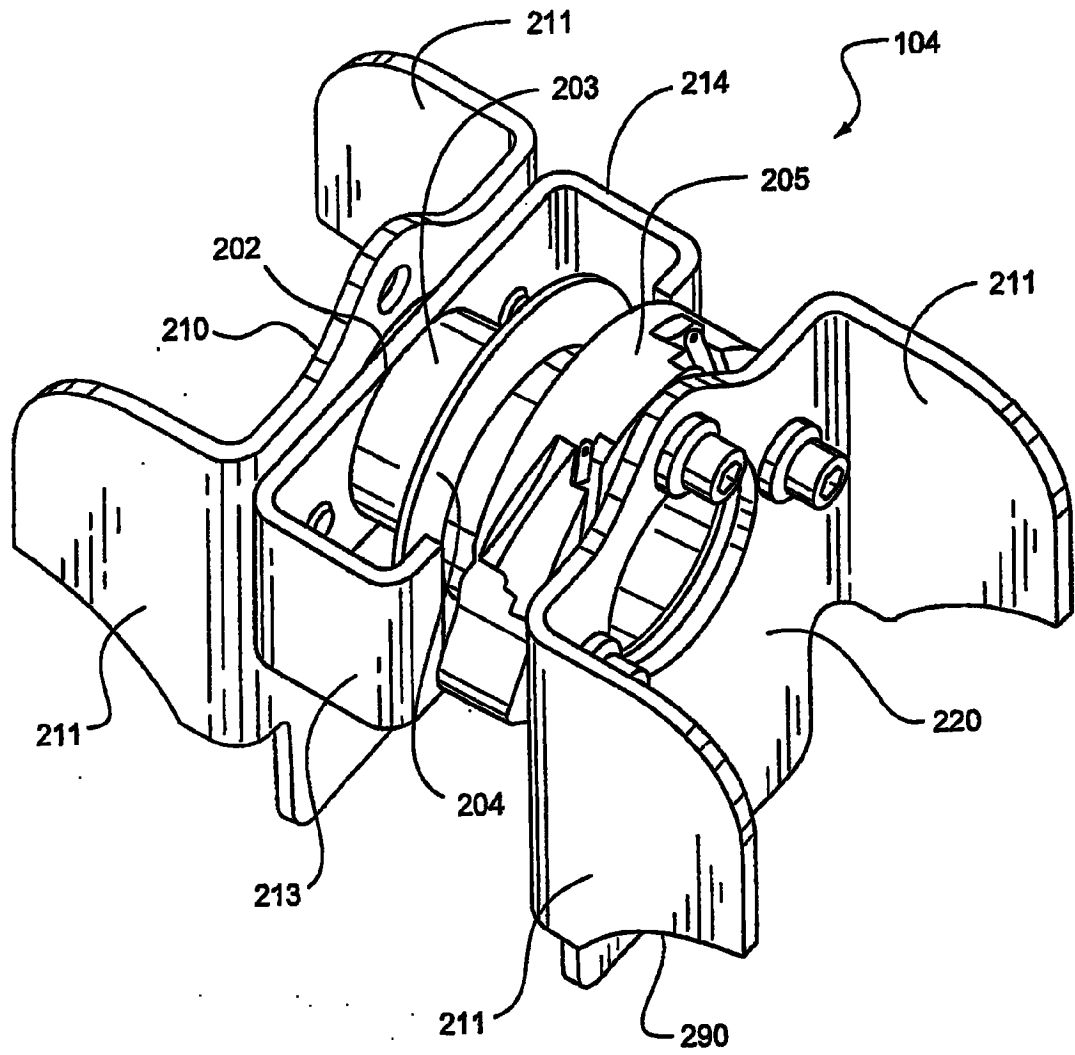


图 2

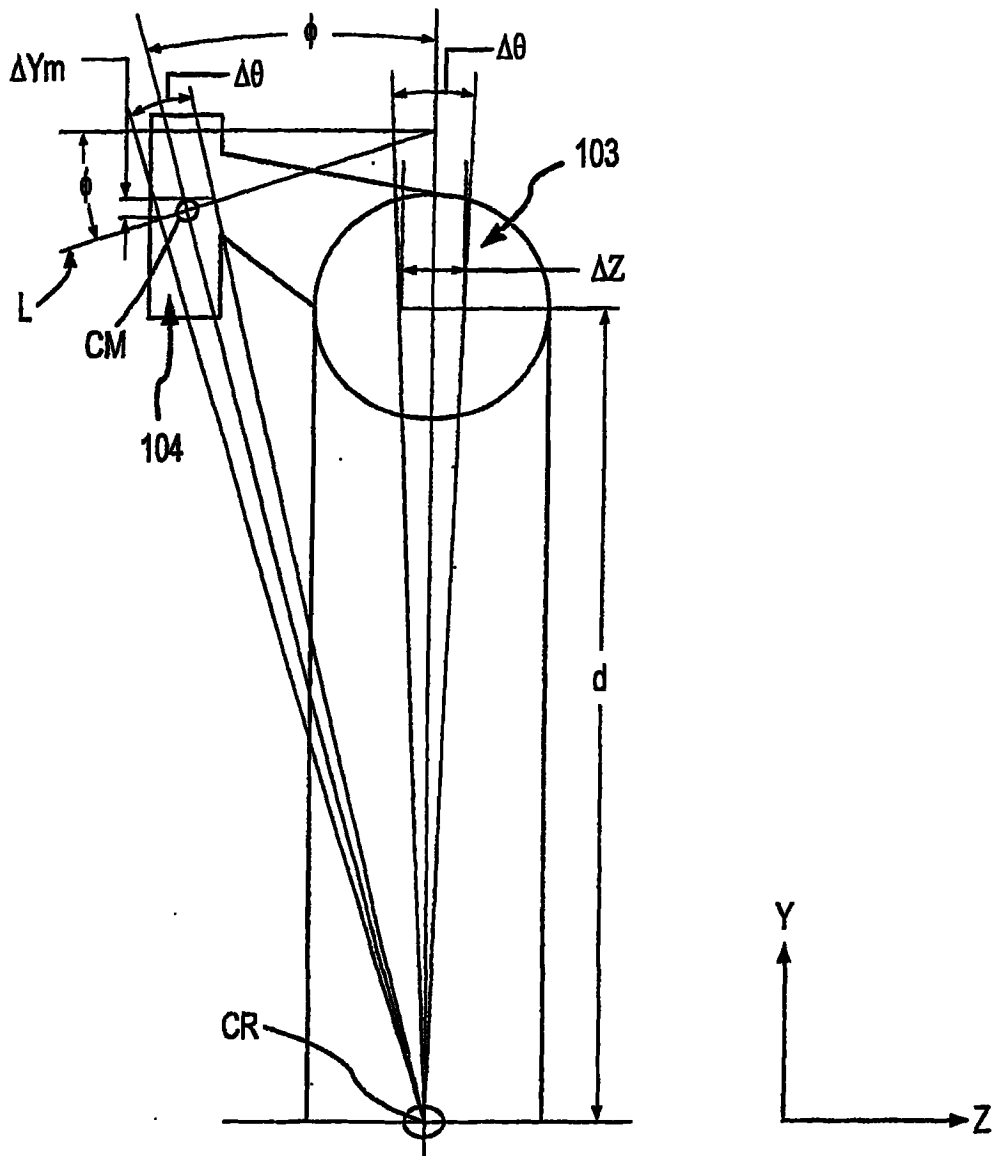


图 3

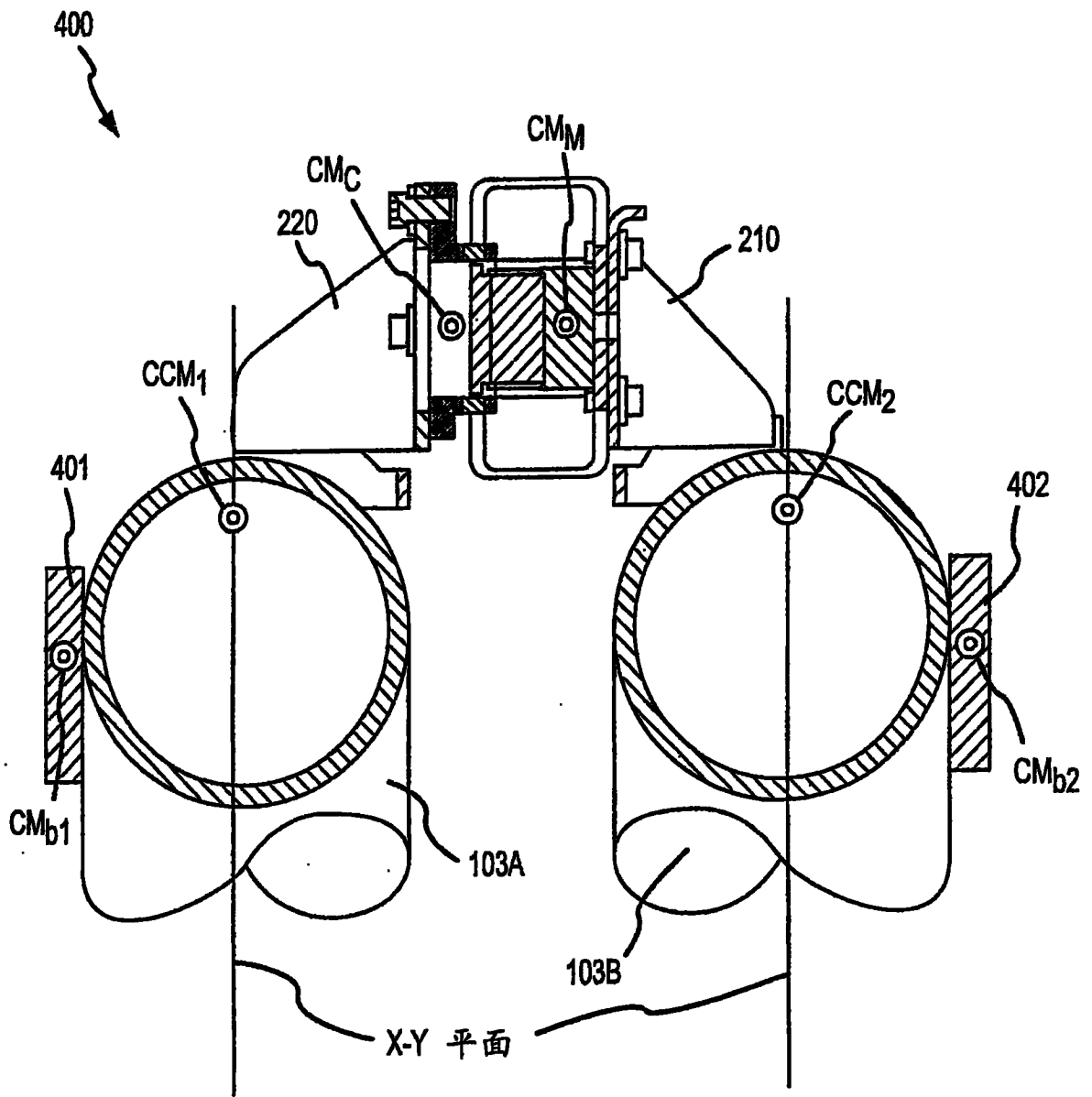


图 4

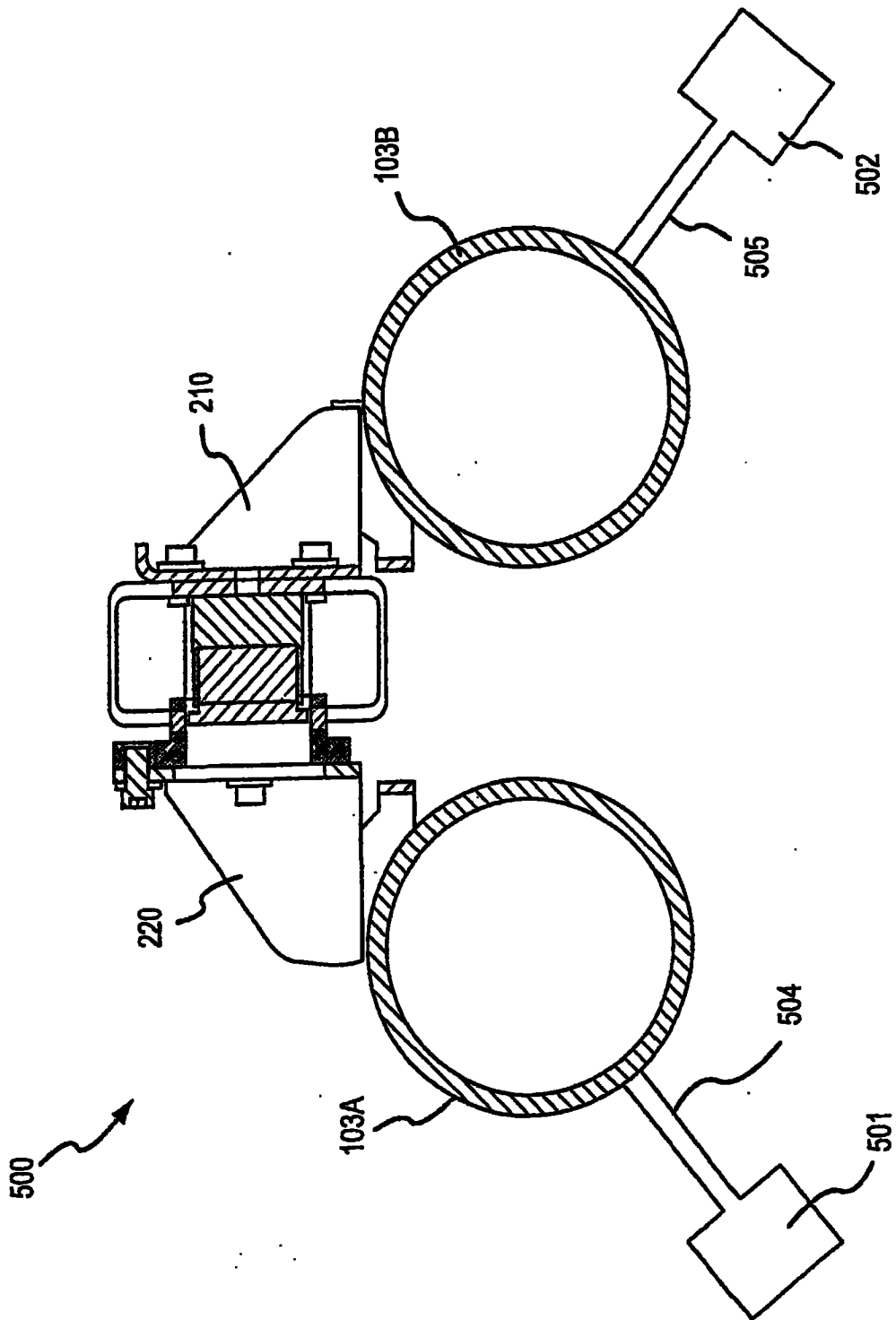


图 5

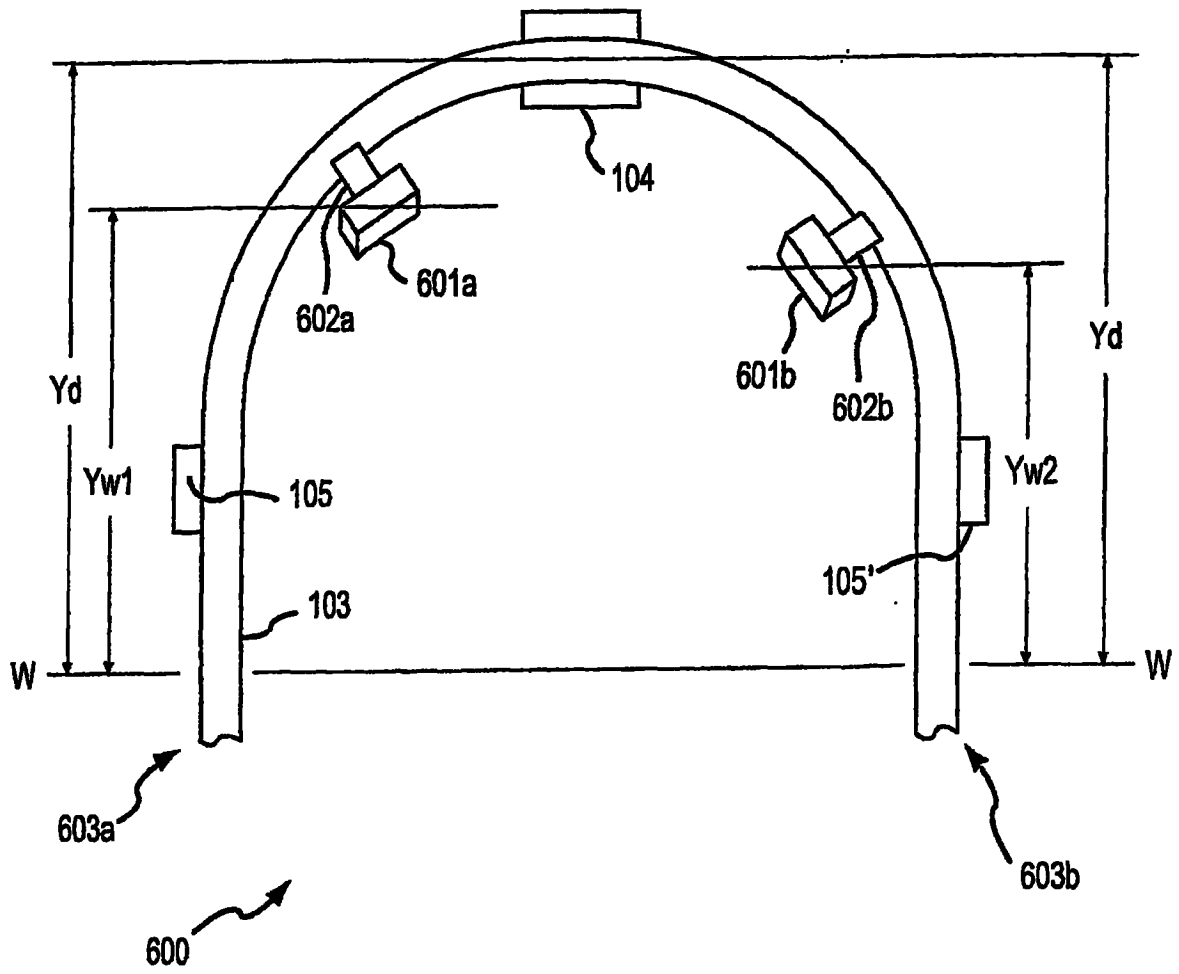


图 6