

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01F 1/84 (2006.01)

G01F 25/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480044086.2

[45] 授权公告日 2009 年 2 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100458377C

[22] 申请日 2004.9.27

[21] 申请号 200480044086.2

[86] 国际申请 PCT/US2004/031549 2004.9.27

[87] 国际公布 WO2006/036139 英 2006.4.6

[85] 进入国家阶段日期 2007.3.27

[73] 专利权人 微动公司

地址 美国科罗拉多州

[72] 发明人 T·D·夏普 D·F·诺尔门

S·J·雪莱

[56] 参考文献

CN1319178A 2001.10.24

审查员 王 蕾

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 陈景峻

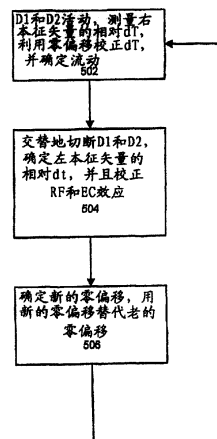
权利要求书 5 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

本征矢量的流动中确定的方法和设备

[57] 摘要

公开了一种方法和设备，其允许对于振动导管的左本征矢量的相对相位的周期性计算。在正常操作过程中，两个驱动器被一前一后地使用，以便激励导管(202)的主要弯曲模式。周期性地，禁用两个驱动器的第一个(204)，然后第二个(206)，允许实现对于振动导管的左本征矢量(208)的相对相位的确定的测量。



1、一种方法，包括：

使物质流过导管，同时激励导管的振动模式；

测量振动的导管的相对运动；

周期性地确定导管的左本征矢量的相对相位。

2、权利要求1的方法，进一步包括：

确定导管的右本征矢量的相对相位；

利用左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位，来确定物质通过导管的实际流动。

3、权利要求2的方法，进一步包括：

利用右本征矢量的相对相位确定物质通过导管的未校正的流动；

通过比较未校正的流动和实际流动来确定物质通过导管的流动的零偏移。

4、权利要求3的方法，进一步包括：

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，来确定通过导管的物质流动。

5、权利要求1的方法，进一步包括：

确定右本征矢量的相对相位；

通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均值，来确定通过导管的物质流动的零偏移。

6、权利要求5的方法，进一步包括：

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，来确定通过导管的物质流动。

7、权利要求1的方法，其中针对残余挠性响应和电磁串扰而校正左本征矢量的相对相位。

8、权利要求7的方法，进一步包括：

测量振动的导管上两个间隔开的位置之间的第一相对相位，同时利用第一驱动器和第二驱动器来激励导管的振动模式，其中第一驱动器与第二驱动器间隔开；

测量振动的导管上两个间隔开的位置之间的第二相对相位，同时仅利用第二驱动器来激励导管的振动模式；

通过从第一相对相位减去第二相对相位，来计算与第一驱动器相关联的残余挠性响应和电磁串扰；

测量振动的导管上两个间隔开的位置之间的第三相对相位，同时仅利用第一驱动器来激励导管的振动模式；

通过从第一相对相位减去第三相对相位，来计算与第二驱动器相关联的残余挠性响应和电磁串扰。

9、一种方法，包括：

使物质流过导管，同时利用间隔开布置的至少第一驱动器和第二驱动器来激励导管的振动模式；

测量振动的导管的运动；

确定导管上第一位置和第一驱动器之间的第一位置关系，同时仅利用第一驱动器来驱动导管的振动模式；

确定导管上第一位置和第二驱动器之间的第二位置关系，同时仅利用第二驱动器来驱动导管的振动模式；

利用第一位置关系和第二位置关系来确定左本征矢量。

10、权利要求9的方法，其中利用与第一驱动器共处一处的第一传感器和与第二驱动器共处一处的第二传感器来测量导管的运动。

11、权利要求9的方法，进一步包括：

确定导管的右本征矢量的相对相位，同时利用第一驱动器和第二驱动器这二者来激励导管的振动模式；

通过从右本征矢量的相对相位减去左本征矢量的相对相位，来确定物质通过导管的实际流动。

12、权利要求11的方法，进一步包括：

利用右本征矢量的相对相位来确定物质通过导管的未校正的流动；

通过比较未校正的流动与实际流动，来确定物质通过导管的流动为零偏移；

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，来确定通过导管的物质流动。

13、权利要求9的方法，进一步包括：

确定导管的右本征矢量的相对相位，同时利用第一驱动器和第二驱动器这二者来激励导管的振动模式；

通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均

值，来确定物质通过导管的流动的零偏移；

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，来确定通过导管的物质流动。

14、权利要求 9 的方法，进一步包括：

当利用所述至少第一驱动器和第二驱动器来驱动振动模式时，测量第一位置和第二位置之间的第一德耳塔时间；

当利用除了第一驱动器之外的所有驱动器来驱动振动模式时，测量第一位置和第二位置之间的第二德耳塔时间；

当利用除了第二驱动器之外的所有驱动器来驱动振动模式时，测量第一位置和第二位置之间的第三德耳塔时间；

利用第一德耳塔时间和第二德耳塔时间计算第一校正值；

利用第一德耳塔时间和第三德耳塔时间计算第二校正值；

在计算左本征矢量之前，利用第一校正值调节第一位置关系；以及

在计算左本征矢量之前，利用第二校正值调节第二位置关系。

15、一种方法，包括：

使物质流过导管，同时激励导管的振动模式；

测量振动的导管的相对运动；

测量右本征矢量的相对相位，同时激励导管的振动模式；

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，来确定通过导管的物质流动；

在不停止通过导管的物质流动的情况下，确定新的零偏移；

利用通过新的零偏移校正的右本征矢量的相对相位，来确定通过导管的物质流动。

16、权利要求 15 的方法，其中利用导管的左本征矢量的相对相位来确定新的零偏移。

17、权利要求 15 的方法，其中周期性地确定新的零偏移。

18、权利要求 17 的方法，其中周期是在测量流动时所需要的准确度的函数。

19、权利要求 15 的方法，其中当所测量的环境参数发生变化时，确定新的零偏移。

20、一种设备，包括：

导管，被设置成包括流过导管的物质；

至少两个驱动器，被设置成激励导管的多个振动模式；

感测设备，被设置成测量振动的导管的相对运动；

被设置成利用振动的导管的相对运动来周期性地确定导管的左本征矢量的相对相位的装置；

所述装置还被设置成利用振动的导管的相对运动来确定导管的右本征矢量的相对相位。

21、权利要求 20 的设备，其中通过利用左本征矢量的相对相位与右本征矢量的相对相位相比较的差来确定物质通过导管的实际流动。

22、权利要求 20 的设备，其中使用利用零偏移校正的右本征矢量的相对相位来确定物质通过导管的流动。

23、权利要求 22 的设备，进一步包括：

通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均值，来确定物质通过导管的流动的零偏移。

24、权利要求 22 的设备，其中通过从右本征矢量的相对相位减去左本征矢量的相对相位来确定物质通过导管的实际流动，以及

通过比较利用右本征矢量的相对相位确定的流动与实际流动，来确定物质通过导管的流动的零偏移。

25、权利要求 20 的设备，其中针对残余挠性响应和电磁串扰而校正左本征矢量的相对相位。

26、权利要求 25 的设备，其中确定振动的导管上的第一位置和振动的导管上的第二位置之间的第一相对相位，同时利用至少两个驱动器来激励导管的振动模式；

确定振动的导管上的第一位置和振动的导管上的第二位置之间的第二相对相位，同时利用所述至少两个驱动器中除了第一驱动器之外的所有驱动器来激励导管的振动模式；

确定振动的导管上的第一位置和振动的导管上的第二位置之间的第三相对相位，同时利用所述至少两个驱动器中除了第二驱动器之外的所有驱动器来激励导管的振动模式；以及

通过从第一相对相位减去第二相对相位来确定对于所述至少两个驱动器的第一驱动器的残余挠性响应和电磁串扰；

通过从第一相对相位减去第三相对相位来确定对于所述至少两个驱动器的第二驱动器的残余挠性响应和电磁串扰。

27、权利要求 20 的设备，其中感测设备包括间隔开的至少两个传感器。

28、权利要求 20 的设备，其中该装置是处理器，该处理器运行引起对左和右本征矢量的相对相位的确定的代码。

29、权利要求 20 的设备，其中该装置是引起对左和右本征矢量的相对相位的确定的电路。

30、一种设备，包括：

导管，被设置成包括流过导管的物质；

用以激励导管的振动模式的装置；

用于感测振动的导管的相对运动的装置；

用于周期性地确定导管的左本征矢量的相对相位的装置；

用于确定导管的右本征矢量的相对相位的装置；

用于通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均值来确定流过导管的物质的零偏移的装置；

用于通过利用由该零偏移校正的右本征矢量的相对相位来确定实际的物质流动的装置。

本征矢量的流动中确定的方法和设备

技术领域

本发明涉及流量计领域，并且具体地涉及科里奥利流量计。

背景技术

通过以正弦运动来振动流体输送管并测量管上两个或多个位置处的振动响应之间的时间延迟（或相角），在科里奥利流量计（Coriolis flow meter）中测量质量流速。对于实际情况，时间延迟随着质量流速而连续改变，然而，时间延迟在零质量流量处通常不是零。通常存在由于多个因素引起的零流动延迟或偏移，该多个因素比如不成比例的阻尼，残余挠性响应，电磁干扰或设备电子元件中的相位延迟。

通过测量零流动环境处的零流动偏移并从流动过程中进行的随后测量减去被测量的偏移而典型地校正该零流动偏移。如果零流动偏移保持恒定，这将足以校正零流动偏移问题。遗憾的是，零流动偏移可被周围环境（比如温度）中的小变化影响，或在物质通过其流动的管道系统中改变。零流动偏移的改变将引起所测量的流速的误差。在正常操作过程中，可以存在非流动环境之间的长周期时间。通过仅在这些非流动环境过程中零位调整流量计可以校准科里奥利流量计。零偏移在时间上的变化将会在所测量的流量中引起显著的误差。

因此需要一种用于在流动过程中校准零流动偏移的系统和方法。

发明内容

公开了一种方法和系统，其允许周期性计算振动导管的左本征矢量的相对相位。在正常操作过程中，一前一后地使用两个驱动器，以便激励导管的主弯曲模式。周期性地，禁止两个驱动器的第一个，然后第二个，使得测量能够确定振动导管的左本征矢量的相对相位。

几个方面

本发明的一个方面提供了一种方法，该方法包括：

使物质流过导管，同时激励导管的振动模式；

测量振动的导管的相对运动；

周期性地确定导管的左本征矢量的相对相位。

优选地，该方法进一步包括：

确定导管的右本征矢量的相对相位；

利用左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位，确定物质通过导管的实际流动。

优选地，该方法进一步包括：

利用右本征矢量的相对相位确定物质通过导管的未校正流动；

通过比较未校正流动和实际流动来确定物质通过导管的流动的零偏移。

优选地，该方法进一步包括：

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，确定通过导管的物质流动。

优选地，该方法进一步包括：

确定右本征矢量的相对相位；

通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均值，来确定通过导管的物质流动的零偏移。

优选地，该方法进一步包括：

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，确定通过导管的物质流动。

优选地，在所述方法中，针对残余挠性响应和电磁串扰而校正左本征矢量的相对相位。

优选地，该方法进一步包括：

测量振动导管上两个隔开的位置之间的第一相对相位，同时利用第一驱动器和第二驱动器激励导管的振动模式，其中第一驱动器与第二驱动器被间隔开；

测量振动导管上两个隔开的位置之间的第二相对相位，同时仅利用第二驱动器激励导管的振动模式；

通过从第一相对相位减去第二相对相位计算与第一驱动器相关联的残余挠性响应和电磁串扰；

测量振动导管上两个间隔开的位置之间的第三相对相位，同时仅利用第二驱动器激励导管的振动模式；

通过从第一相对相位减去第三相对相位计算与第二驱动器相关联

的残余挠性响应和电磁串扰。

本发明的另一方面，提供了一种方法，包括：

使物质流过导管，同时利用被间隔开布置的至少第一驱动器和第二驱动器来激励导管的振动模式；

测量振动导管的运动；

确定导管上第一位置和第一驱动器之间的第一位置关系，同时仅利用第一驱动器驱动导管的振动模式；

确定导管上第一位置和第二驱动器之间的第二位置关系，同时仅利用第二驱动器驱动导管的振动模式；

利用第一位置关系和第二位置关系确定左本征矢量。

优选地，在所述方法中，利用与第一驱动器共处一处的第一传感器和与第二驱动器共处一处的第二传感器测量导管的运动。

优选地，该方法进一步包括：

确定导管的右本征矢量的相对相位，同时利用第一驱动器和第二驱动器这二者激励导管的振动模式；

通过从右本征矢量的相对相位减去左本征矢量的相对相位，确定通过导管的物质的实际流动。

优选地，该方法进一步包括：

利用右本征矢量的相对相位确定物质通过导管的未校正的流动；

通过比较未校正的流动与实际流动，确定物质通过导管的流动的零偏移；

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，确定通过导管的物质流动。

优选地，该方法进一步包括：

确定导管的右本征矢量的相对相位，同时利用第一驱动器和第二驱动器这二者激励导管的振动模式；

通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均值，来确定物质通过导管的流动的零偏移；

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位，确定通过导管的物质流动。

优选地，该方法进一步包括：

当利用所述至少第一驱动器和第二驱动器来驱动振动模式时测量

第一位置和第二位置之间的第一德耳塔时间;

当利用除了第一驱动器之外的所有驱动器来驱动振动模式时,测量第一位置和第二位置之间的第二德耳塔时间;

当利用除了第二驱动器之外的所有驱动器来驱动振动模式时,测量第一位置和第二位置之间的第三德耳塔时间;

利用第一德耳塔时间和第二德耳塔时间计算第一校正值;

利用第一德耳塔时间和第三德耳塔时间计算第二校正值;

在计算左本征矢量之前,利用第一校正值调节第一位置关系;以及在计算左本征矢量之前,利用第二校正值调节第二位置关系。

在本发明的又一个方面,提供了一种方法,包括:

使物质流过导管,同时激励导管的振动模式;

测量振动的导管的相对运动;

测量右本征矢量的相对相位,同时激励导管的振动模式;

利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位,确定通过导管的物质流动;

在不停止通过导管的物质流动的情况下确定新的零偏移;

利用通过新的零偏移校正的右本征矢量的相对相位,确定通过导管的物质流动。

优选地,在所述方法中,利用导管的左本征矢量的相对相位确定新的零偏移。

优选地,在所述方法中,周期性地确定新的零偏移。

优选地,在所述方法中,周期是在测量流动时所需要的准确度的函数。

优选地,在所述方法中,当所测量的环境参数发生变化时,确定新的零偏移。

在本发明的再一方面,提供了一种设备,包括:

导管,被设置成包括流过导管的物质;

至少两个驱动器,被设置成激励该导管的多个振动模式;

感测设备,被设置成测量振动导管的相对运动;

被设置成利用振动的导管的相对运动来周期性地确定导管的左本征矢量的相对相位的装置;

该装置还被设置成利用振动的导管的相对运动来确定导管的右本

征矢量的相对相位。

优选地，在所述设备中，通过利用左本征矢量的相对相位与右本征矢量的相对相位相比较的差来确定物质通过导管的实际流动。

优选地，在所述设备中，使用利用零偏移校正的右本征矢量的相对相位确定物质通过导管的流动。

优选地，所述设备还包括：

通过利用左本征矢量的相对相位平均右本征矢量的相对相位来确定通过导管的物质流动的零偏移。

优选地，在所述设备中，通过从右本征矢量的相对相位减去左本征矢量的相对相位确定物质通过导管的实际流动，

通过比较利用右本征矢量的相对相位确定的流动与实际流动，确定物质通过导管的流动的零偏移。

优选地，在所述设备中，针对残余挠性响应和电磁串扰而校正左本征矢量的相对相位。

优选地，在所述设备中，确定振动的导管上的第一位置和振动导管上的第二位置之间的第一相对相位，同时利用至少两个驱动器激励导管的振动模式；

确定振动导管上的第一位置和振动导管上的第二位置之间的第二相对相位，同时利用所述至少两个驱动器中除了第一驱动器之外的所有驱动器激励导管的振动模式；

确定振动的导管上的第一位置和振动导管上的第二位置之间的第三相对相位，同时利用所述至少两个驱动器中除了第二驱动器之外的所有驱动器激励导管的振动模式；以及

通过从第一相对相位减去第二相对相位确定对于所述至少两个驱动器的第一驱动器的残余挠性响应和电磁串扰；

通过从第一相对相位减去第三相对相位确定对于所述至少两个驱动器的第二驱动器的残余挠性响应和电磁串扰。

优选地，在所述设备中，所述感测设备包括间隔开的至少两个传感器。

优选地，在所述设备中，所述装置是处理器，该处理器运行引起对左和右本征矢量的相对相位的确定的代码。

优选地，在所述设备中，该装置是引起对左和右本征矢量的相对相

位的确定的电路。

在本发明的另一个方面，提供了一种设备，包括：

导管，被设置成包括流过导管的物质；

用以激励导管的振动模式的装置；

用于感测振动的导管的相对运动的装置；

用于周期性地确定导管的左本征矢量的相对相位的装置；

用于确定导管的右本征矢量的相对相位的装置；

用于通过求取左本征矢量的相对相位和右本征矢量的相对相位的平均值来确定流过导管的物质的零偏移的装置；

用于通过利用通过零偏移校正的右本征矢量的相对相位来确定实际物质流动的装置。

附图说明

图1A是本发明的示例实施例中非偏转位置中导管的顶视图；

图1B是本发明的示例实施例中对应于主要弯曲模式的偏转位置中导管的顶视图；

图1C是本发明的示例实施例中对应于通过科里奥利力引入的弯曲模式的偏转位置中导管的顶视图；

图2是本发明的示例实施例中用于确定左本征矢量的流程；

图3是本发明的示例实施例中用于确定残余挠性和电串扰的流程；

图4是示出了本发明的示例实施例中当在驱动器之间开关时利用不平衡的、单独的流量计测量的相对 ΔT_s 的图；

图5是本发明的示例实施例中在流动过程中用于再校准流量计的零偏移的流程。

具体实施方式

图1-5和下面的描述叙述了对于本领域的熟练技术人员如何获得和使用本发明的最佳模式的具体例子。为了教导发明原理，已经简化或省略了一些传统的方面。本领域熟练技术人员可以理解，来自这些例子的变化落入本发明的范围内。本领域熟练技术人员可以理解，下面描述的特征可被以各种方式组合，以便形成本发明的多个变形。因此，本发明不局限于下面描述的具体例子，而仅通过权利要求和它们的等价物。

理论背景

利用数学公式可以描述科里奥利流量计的操作。描述了线性系统的

运动的一阶微分方程的通用系统是：

$$\begin{bmatrix} C & M \\ M & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & -M \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ \dot{x} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

在方程(1)中，M和K是系统的质量和刚度矩阵，并且C是具有由于阻尼的对称分量和由于科里奥利力的斜对称分量的通用阻尼矩阵。

$$Aq + B\dot{q} = u \quad (2)$$

方程1可重写成方程2，其中A等于矩阵 $\begin{bmatrix} C & M \\ M & 0 \end{bmatrix}$ ，并且B等于矩阵 $\begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & -M \end{bmatrix}$ ，以及u等于 $\begin{Bmatrix} f \\ 0 \end{Bmatrix}$ 。

通过观察方程1和2可以获得对运动方程的理解。与方程(2)相关的广义本征值问题可被求解出右本征矢量 $\phi^{(r)}$ ，以使：

$$B\phi^{(r)} = -A\phi^{(r)}\lambda \quad (3)$$

对于对称的A和B矩阵，本征矢量可以用于对角化或去耦运动方程。容易求解被去耦的方程。对于非对称系统，例如其中C包括科里奥利矩阵，右本征矢量不对角化运动方程，导致耦合方程。耦合方程更难于求解并阻碍对解答的理解。需要左本征矢量来对角化非对称的A或B矩阵。下面的推导示出了该过程。通过求解下面的广义本征值问题可以获得左本征矢量：

$$\begin{aligned} \phi^{(l)T} B &= -\phi^{(l)T} A \lambda \\ B^T \phi^{(l)} &= -A^T \phi^{(l)} \lambda \end{aligned} \quad (4)$$

M和K对于科里奥利流量计通常是对称的。对于不流动，C也将是对称的，因此，系统矩阵A和B将是对称的。在这种情况下，方程(3)和(4)是相等的，并且左和右本征矢量相同。当存在流动时，C矩阵的相关非对称性引起左和右本征矢量不同。

考虑第j个右本征矢量

$$B\phi_j^{(r)} = -A\phi_j^{(r)}\lambda_j \quad (5)$$

以及第 j 个左本征矢量

$$\phi_i^{(l)T} B = -\phi_i^{(l)T} A \lambda_i \quad (6)$$

使方程 (5) 左乘 $\phi_i^{(l)T}$, 方程 (6) 右乘 $\phi_j^{(r)}$, 并且减去两个产物:

$$\begin{aligned} 0 &= -\phi_i^{(l)T} A \phi_j^{(r)} (\lambda_j - \lambda_i) \\ \Rightarrow \phi_i^{(l)T} A \phi_j^{(r)} &= 0 \text{ 对于 } i \neq j \end{aligned}$$

通过使方程 (5) 乘以 $\frac{1}{\lambda_j}$, 并且方程 (6) 乘以 $\frac{1}{\lambda_i}$, 以及经历相同的处理, 我们可以示出:

$$\Rightarrow \phi_i^{(l)T} B \phi_j^{(r)} = 0 \text{ 对于 } i \neq j \quad (8)$$

方程 (7) 和 (8) 示出, 通过分别对系统矩阵 A 或 B 的任何一个左乘和右乘左本征矢量的矩阵 $\Phi^{(L)}$ 和右本征矢量的矩阵 $\Phi^{(R)}$, 对角化系统矩阵。

$$\begin{aligned} \Phi^{(L)T} A \Phi^{(R)} &= \begin{bmatrix} \cdot & & \\ & \cdot & \\ & & M_A & \\ & & & \cdot \end{bmatrix} \\ \Phi^{(L)T} B \Phi^{(R)} &= \begin{bmatrix} \cdot & & \\ & \cdot & \\ & & M_B & \\ & & & \cdot \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (9)$$

左和右本征矢量矩阵对角化系统矩阵的事实意味着右本征矢量集合和左本征矢量集合是线性独立的。任一集合可被用作针对该响应的坐标系统的基础。认识到左和右本征矢量之间的差是由于非对称的科里奥利矩阵, 形成本发明的基础。

根据流量计的数学模型, 对于非科里奥利效应进行建模的质量、刚度和阻尼矩阵是对称的。对于非流动系统, 左和右本征矢量是相等的(在任意比例因子中)。然而, 与流动相关的科里奥利力作为斜对称的阻尼矩阵自身出现在数学模型中(转置是原矩阵的负值)。斜对称科里奥利矩阵导致系统的左和右本征矢量不同。对于不具有不成比例阻尼的流动系统, 左本征矢量的不同系数之间的相对相位是相等的, 并与右本征矢量上的相同系数之间的相对相位相反。对于具有不成比例阻尼的系统,

针对左和右本征矢量，这些相位值等同地偏移，然而差保持相同。因此，如果可以精确地测量左和右本征矢量的相位特性，该特征允许区分由于来自不成比例阻尼的零偏移而引起的相位和由于物质流动引起的相位，消除了相关的零偏移误差。

残余挠性、电磁串扰和电测量系统特性也有助于零偏移。这些效应的解释是它们在右本征矢量相位的测量中引入误差。如果可以精确测量驱动模式（右本征矢量），不成比例的阻尼将是引起零偏移的唯一效应，并且利用左和右本征矢量 dT 信息，该误差将容易被与流动效应相区别。

操作中

图 1 示出了导管 102 的顶视图，其被设置成包括流过导管的物质。D1 和 D2 是沿着导管 102 隔开的两个驱动器（也被称作致动器）。在优选模式中，两个驱动器在导管的轴中心周围对称隔开。驱动器被设置成施加力至导管 102，以便激励导管 102 中的多个振动模式。该力可以基本上是相干的（例如被限制于狭窄频率），或可以是宽带。驱动器可以是已知装置，比如连接至导管的磁体、连接至参考的线圈，振荡电流通过该线圈。

S1 和 S2 描述了共处一处有驱动器 D1 和 D2 的两个传感器。该传感器被设置成产生表示导管 102 的位置和运动的多个信号。该传感器可以包括多个装置，比如线圈类型的速度变换器，光学或超声运动传感器，加速度计，惯性速度传感器等。在该实施例中，存在示出的两个传感器，每一个传感器共处一处有一个驱动器。在其他实施例中，可以仅存在一个传感器，该传感器被设置成测量沿着导管 102 的长度的导管的位置和运动。具有多于两个的传感器的其他布置也是可能的。

图 1A 示出了非偏转状态中的导管 102。通过利用相等的功率驱动致动器，可以激励导管的主弯曲模式。于 2000 年 7 月 25 日被授权、名称为“Driver for oscillating a vibrating conduit”的 US 专利申请 6,092,429（以引用的方式被包含在此）公开了被设置成激励导管中振动的不同模式的驱动器。图 1B 示出了对应于导管的主要弯曲模式的偏转状态中的导管 102。该振动模式也对应于当不存在通过导管的物质的流动时的环境。为了清楚已经放大图 1B 和 1C 中导管 102 的偏转。导管 102 的实际偏转将小得多。当物质流过振动导管 102 时，流动物质引起产生科里奥利力。科里奥利力偏转导管 102，并激励附加的振动模式。图 1C

示出了由科里奥利力激励的主要振动模式。在传感器 S1 和传感器 S2 之间被检测的相对相差可以用于确定通过导管 102 的物质流动。在非流环境中（如图 1B 中所述），在传感器 S1 和传感器 S2 之间不会检测到由于流动带来的相差。可以存在由于零偏移环境的相差。一旦使物质流过导管 102，在 S1 和 S2 之间将会有由于流动引起的相差。在 S1 和 S2 之间被检测的测量相差是系统的右本征矢量的相对相位的测量，并且成比例于通过导管的物质流动。让 θ_R 等于右本征矢量的相对相位， θ_{S1} 是传感器 S1 处导管的振动的测量相位，并且 θ_{S2} 是传感器 S2 处导管的振动的测量相位，然后 $\theta_R = \theta_{S1} - \theta_{S2}$ 。通过除振动频率 ω 可以从相差计算时间差 ΔT ， $\Delta T = (\theta_{S1} - \theta_{S2}) / \omega$ 。时间差 ΔT 也成比例于通过导管的物质流动，并且是典型用于质量流量计的测量。通过利用零偏移量校正被测量的物质流可以计算对通过导管 102 的物质流动的更精确的测量， $\Delta T_c = \Delta T - \text{ZeroOffset}$ （零偏移量）。

在本发明的示例实施例中，在正常操作过程中，驱动器都用于激励导管的主要弯曲模式。通过测量右本征矢量的相对相位确定通过导管的物质流动，转换至 ΔT 域，并且利用零偏移校正量 $\Delta T_{RC} = \Delta T_R - \text{ZeroOffset}$ 来校正该值。周期地，仅利用一个激励导管，然后其他驱动器。在驱动信号的相位和导管上的一个位置之间进行测量。这些测量用于确定系统的左本征矢量的相对相位。

图 2 是用于在本发明的示例实施例中确定左本征矢量的流程。在步骤 202 处，在正常操作过程中，驱动器都被用于激励导管的振动。在步骤 204 处，仅一个驱动器 D1 用于激励导管的振动。在该时间过程中，测量驱动器 D1 所使用的驱动信号和传感器 S1 之间的相位。将所测量的相差称为 θ_1 。在步骤 206 处，驱动器 D1 是不活动的，并且仅驱动器 D2 用于激励导管的振动。在该时间过程中，测量驱动器 D2 所使用的驱动信号和传感器 S1 之间的相位。将所测量的相差称为 θ_2 。在步骤 208 处，针对系统的左本征矢量的 θ_L 的相对相位可被计算为 $\theta_L = \theta_1 - \theta_2$ 。转换至时域，获得左本征矢量的相对 ΔT ： $\Delta T_L = (\theta_1 - \theta_2) / \omega$ 。在步骤 210 处，正常操作恢复，并且驱动器都被用于激励导管的振动。其中接通和断开驱动器的顺序是不重要的。

由于在仅利用一个驱动器激励导管的振动时确定左本征矢量的相对相位（ θ_1 和 θ_2 ），必须校正残余挠性（RF: Residual flexibility）

响应和电磁串扰 (EC: Electromagnetic Crosstalk)。每一个驱动器引起某些残余挠性响应和电磁串扰。当驱动器被切断时,该效应几乎瞬时衰减至零。通过暂时地切断驱动器,可以确定与驱动器相关的残余挠性响应和电磁串扰所引起的、在每一个传感器处的测量相位的变化。当每一个驱动器是不活动的时,通过测量出现的传感器之间的差的阶跃变化可以确定测量相位的变化。图3是示出了用于确定残余挠性和电串扰的实施例的流程。

在步骤302中,在正常操作过程中,驱动器都用于激励导管的振动。在传感器S1和传感器S2之间测量在利用两个驱动器操作时的 ΔT , ΔT_{D1D2} 。在步骤304处,切断驱动器D2,并且仅一个驱动器D1用于激励导管。在该时间过程中,在传感器S1和传感器S2之间测量仅利用一个驱动器D1操作时的 ΔT , ΔT_{D1} 。 ΔT_{D1D2} 和 ΔT_{D1} 之间的差是由于来自驱动器D2的残余挠性和电串扰。在步骤306处,切断驱动器D1,并且仅一个驱动器D2用于激励导管。在该时间过程中,在传感器S1和传感器S2之间测量仅利用一个驱动器D2操作时的 ΔT , ΔT_{D2} 。 ΔT_{D1D2} 和 ΔT_{D2} 之间的差是由于来自驱动器D1的残余挠性和电串扰。为了针对来自两个驱动器的残余挠性和电串扰校正所测量的 ΔT ,从所测量的 ΔT 减去 ΔT_{D1D2} 和 ΔT_{D2} 之间的差。因此,校正后的 ΔT 是 $\Delta T_c = \Delta T - (\Delta T_{D1D2} - \Delta T_{D1}) - (\Delta T_{D1D2} - \Delta T_{D2})$ 。利用该技术,可以针对残余挠性和电串扰而校正用于左本征矢量 ΔT_{LC} 的相对相位的 ΔT , $\Delta T_{LC} = \Delta T_L - (\Delta T_{D2} - \Delta T_{D1})$ 。

图4是示出了在本发明的示例实施例中在驱动器之间切换时,利用不平衡的、单独的管流量计测量的相对 ΔT 值的流程。对于该流量计,从垂直以45度定向驱动器DR1和DR2,并在与传感器PR3相同的轴向位置处定位驱动器DR1和DR2。通过利用相同的信号驱动DR1和DR2,实现伪并置的驱动器/传感器对。利用驱动器DL1和DL2和传感器PL3,采用相同的关系,以便获得伪并置的驱动器/传感器对。两个驱动器传感器对(DR1/DR2/PR3和DR1/DL2/PL3)围绕流量计的轴向中心对称隔开。在时间零至时间30处,伪驱动器对都被用于激励流量计的振动。当切断DL1/DL2驱动器对时,出现近似30秒点处 ΔT 值的阶跃变化。该 ΔT 变化是由DL1/DL2伪驱动器的残余挠性响应和电磁串扰引起的。在近似时间65处,切断驱动器对DR1/DR2,并且接通驱动器对DL1/DL2。在近似时间100秒标记处,重新接通DR1/DR2驱动器对,并且伪驱动器对都

被用于激励流量计的振动。时间 100 至 120 之间测量的 ΔT 值的变化是由 DR1/DR2 伪驱动器的残余挠性响应和电磁串扰引起的。

对于其中围绕流量计的轴向中心对称定位驱动器和传感器的流量计，与每一个驱动器相关的残余挠性和电串扰是相等和相反的。在正常操作过程中，当驱动器都被用于激励导管的振动时，效应取消，并通常不必为了精确测量右本征矢量的 ΔT 而被校正。在当暂时切断每一个驱动器的同时可以进行针对左本征矢量和残余挠性和电串扰的测量。

补偿不同的电测量通道之间的不均匀相位在本领域中是熟知的。例如，已知的信号可被施加至输入和所测量的相位讹误 (corruption)。通过提供假定测试下通道的测量功能的备用测量通道，在流动过程中可以执行该程序，同时实施测试。

一旦针对残余挠性、电串扰效应等测量和校正对于左和右本征矢量的相对 ΔT ，计算来自流动和来自不成比例阻尼的贡献。流动效应 F 是左和右本征矢量的相对 ΔT 之间的差被 2 除， $F = (\Delta T_R - \Delta T_L) / 2$ 。通过在正常操作过程中比较流动效应 F 与通过 ΔT_R 测量确定的流动可以计算新的零偏移。零偏移 = $\Delta T_R - F$ 。在正常操作过程中，新的零偏移可以用于校正被测量的流动，直至下一时间确定左本征矢量的值。

不成比例阻尼效应 ND 是左和右本征矢量的平均值 $ND = (\Delta T_R + \Delta T_L) / 2$ 。该值可被用作新的零偏移值。

图 5 是在当前发明的示例实施例中用于在流动过程中再校准流量计的零偏移的流程。在步骤 502 中，在正常操作过程中，驱动器都被用于激励导管的振动。确定右本征矢量的未校正的相对 ΔT 。然后通过利用零偏移校正右本征矢量的未校正的相对 ΔT 。利用右本征矢量的被校正的相对 ΔT 确定流过流量计的流动。周期地，在步骤 504 中，可交替切断驱动器 D1 和 D2，并且 h 确定左本征矢量的相对 ΔT 以及残余挠性 (RF) 和电串扰 (EC)。针对残余挠性和电串扰效应校正左本征矢量的相对 ΔT 。在步骤 506 中，左本征矢量的被校正的相对 ΔT 和右本征矢量的未校正的 ΔT 用于确定新的零偏移。老的零偏移被新的零偏移替代，并且过程在步骤 502 处恢复。通过计算和替代进入流量计的新的零偏移，在使物质流过流量计的过程中已经针对零流动环境再校准了流量计。

在示例实施例中，通过利用校准之间固定的时间间隔可以进行用于当出现再校准时的确定。在另一示例实施例中，当检测到环境或管道系

统中的变化时进行再校准。例如，当温度的变化大于阈值量时，可以执行再校准。用于当出现再校准时的确定可以是周期定时器和检测环境中的变化的组合。对于需要较高精确度的系统的再校准之间的时间周期可以短于对于具有较少严格精确度需要的系统的时间周期。

为了测量左本征矢量的相对相位而在驱动器 D1 和 D2 之间的切换并不意味着必须中断流量计的正常操作（也就是利用右本征矢量测量流动）。例如，当围绕导管的中心线对称布置驱动器时，每一个驱动器以相同的量激励驱动模式。例如通过例如当 D2 是不活动时，加倍至 D2 的电流，可以确定驱动力的振幅。

在上面的描述中，利用单独的导管流量计描述本发明。如现有技术中很好理解地，当前发明可以用于其他结构的流量计，例如双导管流量计。利用直导管也描述本发明，用于流量计的几何学的其他结构是可能的，例如弯曲导管。

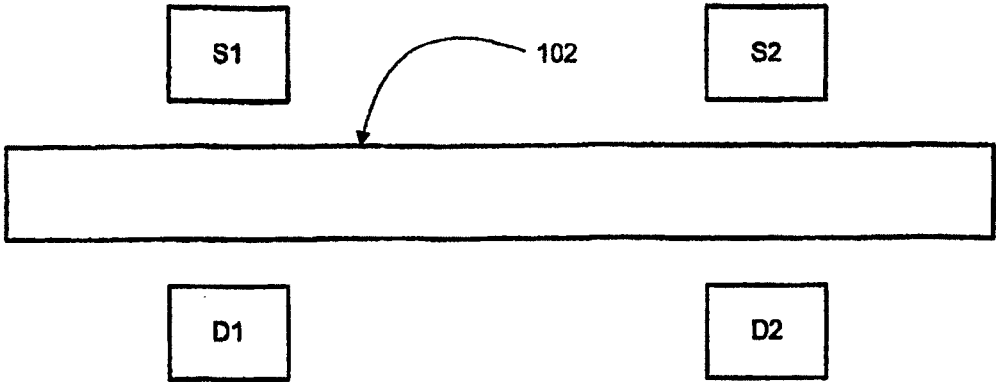


图 1A

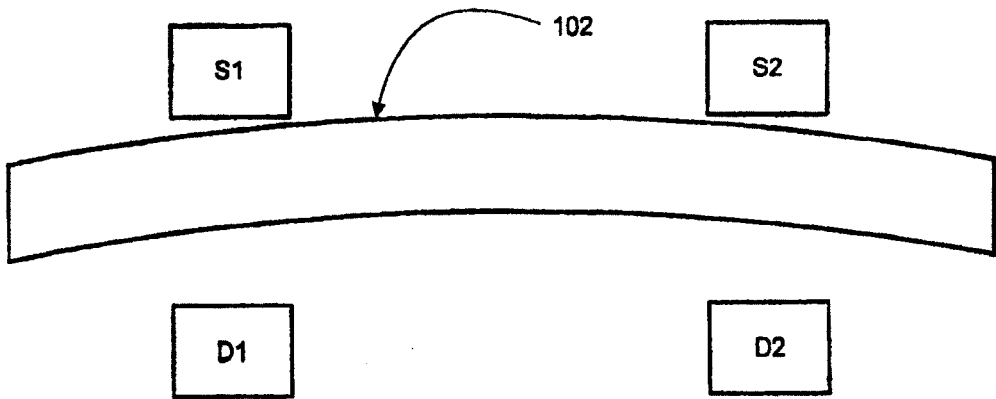


图 1B

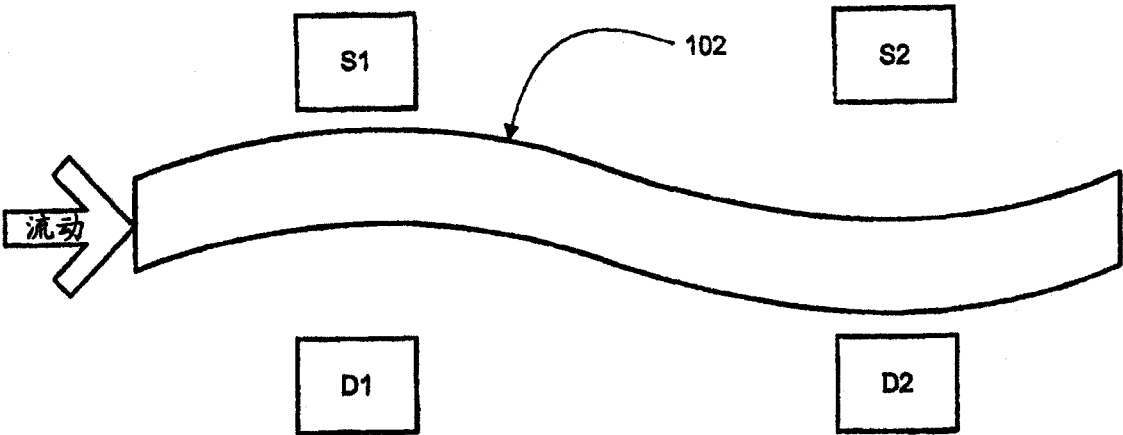


图 1C

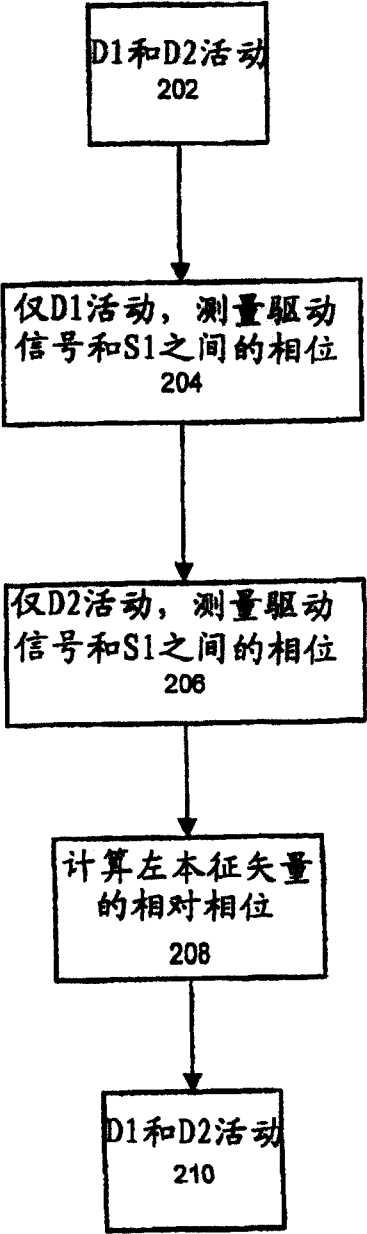


图 2

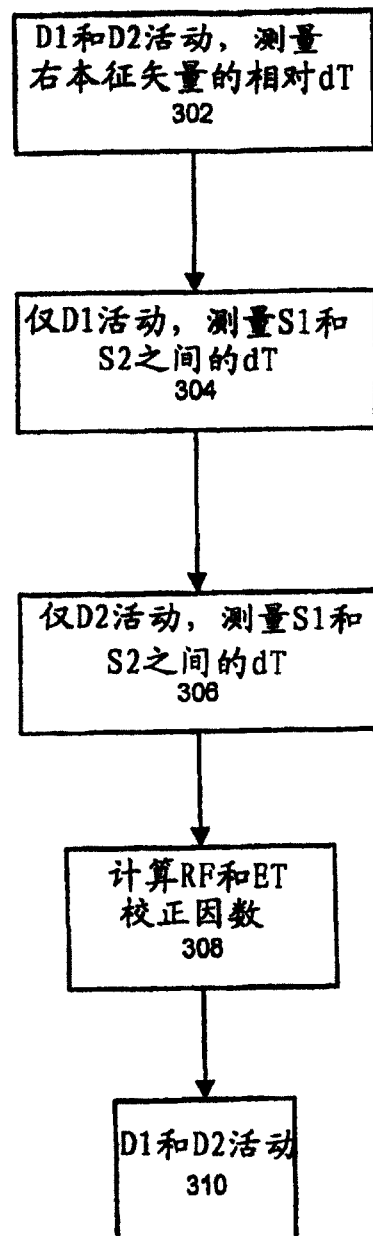


图 3

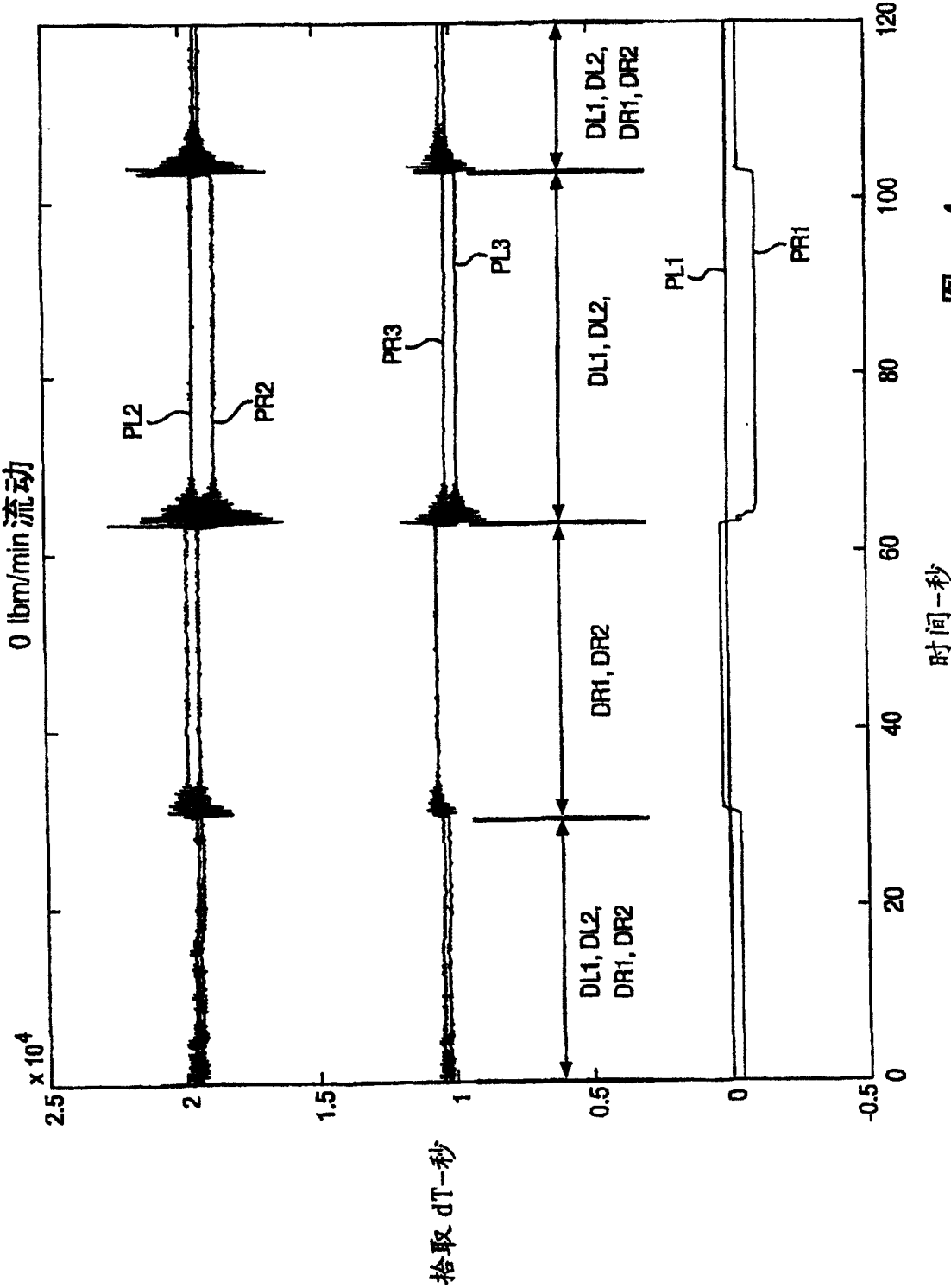


图 4

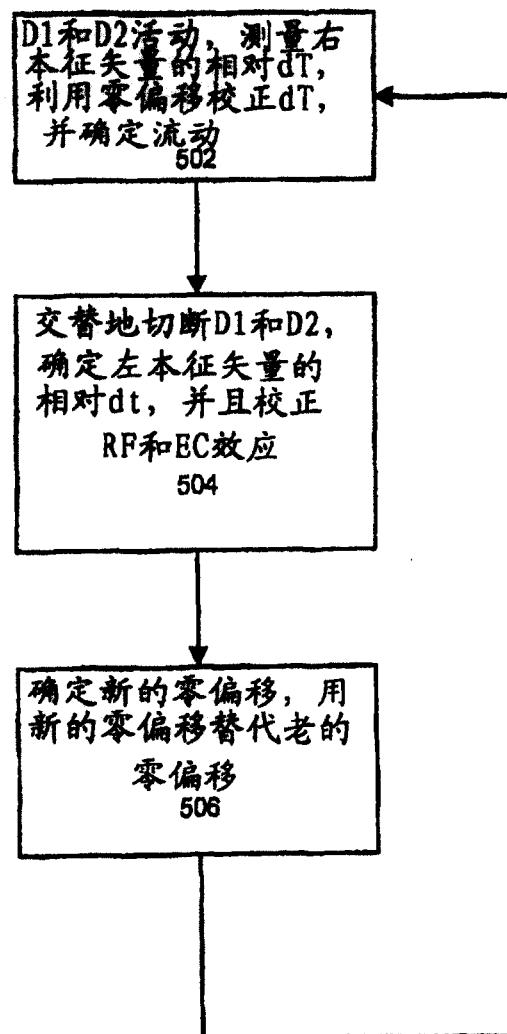


图 5