



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101978351 A

(43) 申请公布日 2011. 02. 16

(21) 申请号 200980109776. 4

代理人 关兆辉 谢丽娜

(22) 申请日 2009. 03. 06

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G06F 9/44 (2006. 01)

12/051, 126 2008. 03. 19 US

G06F 9/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 09. 19

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/036264 2009. 03. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02009/117261 EN 2009. 09. 24

(71) 申请人 丹尼尔度量和控制公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 亨利·查尔斯·小斯特劳布

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

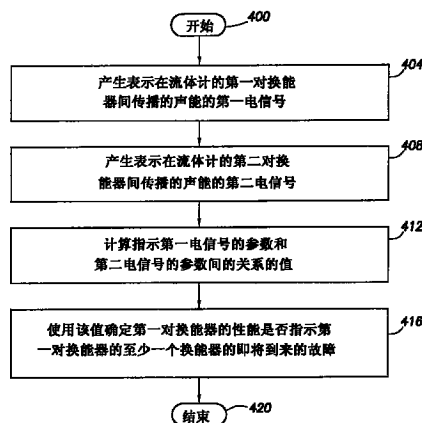
权利要求书 5 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于确定换能器即将到来的故障的方法和系统

(57) 摘要

一种确定换能器的即将到来的故障的方法和系统。示例性实施例的至少一些是如下方法，该方法包括产生表示在流体计的第一对换能器间传播的声能的第一电信号，产生表示在所述流体计的第二对换能器间传播的声能的第二电信号（产生第二电信号基本上与产生所述第一电信号同时），计算指示所述第一电信号的参数和所述第二电信号的参数间的关系的值，以及确定所述第一对换能器的性能是否指示所述第一对换能器的至少一个换能器的即将到来的故障，所述确定使用所述值。



1. 一种方法,包括:
 - 产生表示在流体计的第一对换能器间传播的声能的第一电信号;
 - 产生表示在所述流体计的第二对换能器间传播的声能的第二电信号,产生所述第二电信号基本上与产生所述第一电信号同时;
 - 计算指示出所述第一电信号的参数和所述第二电信号的参数间的关系的值;以及
 - 确定所述第一对换能器的性能是否指示所述第一对换能器的至少一个换能器的即将到来的故障,所述确定使用所述值。
2. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
 - 其中,计算所述值的步骤进一步包括:将所述值计算成所述第一电信号的信噪比和至少部分基于所述第二电信号的信噪比的信噪比之间的差;以及
 - 其中,确定步骤进一步包括相对于预定阈值来评估所述值。
3. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
 - 产生表示在第三对换能器间传播的声能的第三电信号;
 - 其中,计算步骤进一步包括:将所述值计算成所述第一电信号的信噪比与所述第一电信号的信噪比、所述第二电信号的信噪比,或所述第三电信号的信噪比中的最大信噪比之间的差。
4. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
 - 其中,计算步骤进一步包括:将所述值计算成与所述第一电信号的信号振幅成比例的比例参数和与所述第二电信号的信号振幅成比例的比例参数的商;以及
 - 其中,确定步骤进一步包括相对于预定阈值来评估所述值。
5. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
 - 产生表示在第三对换能器间传播的声能的第三电信号;
 - 其中,计算步骤进一步包括:将所述值计算成将与所述第一电信号的信号振幅成比例的比例参数作为分母、并且将与所述第一电信号的信号振幅、所述第二电信号的信号振幅以及所述第三电信号的信号振幅的最大一个成比例的比例参数作为分子的商。
6. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
 - 其中,计算步骤进一步包括:将所述值计算成与所述第一电信号的噪声振幅成比例的比例参数和与所述第二电信号的噪声振幅成比例的比例参数的商;以及
 - 其中,确定步骤包括相对于预定阈值来评估所述值。
7. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:
 - 产生表示第三对换能器间传播的声能的第三电信号;
 - 其中,计算步骤进一步包括:将所述值计算成将与所述第一电信号的噪声振幅成比例的比例参数作为分母、以及将与所述第一、第二和第三电信号的平均噪声振幅成比例的比例参数作为分子的商。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中,产生所述第一和第二电信号进一步包括:在产生所述第二电信号的一秒内产生所述第一电信号。
9. 一种系统,包括:
 - 仪表本体,定义了中心通道,所述仪表本体配置成与流体在其内流动的管道耦合;
 - 多个换能器对,耦合到所述仪表本体;

处理器,电耦合到所述多个换能器对;以及

存储器,电耦合到所述处理器,所述存储器存储可由所述处理器执行的程序,并且所述程序使所述处理器对于所述多个换能器对的每一对换能器基本上同时获得由所述换能器对的至少一个换能器所接收的声能的表达;

所述程序进一步使所述处理器计算指示出与所述多个换能器对的第一换能器对有关的第一表达的参数和至少一个其他表达之间的关系的值,以及基于所述值,确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障。

10. 如权利要求 9 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序进一步使所述处理器将所述值计算成:所述第一表达的信噪比与至少部分基于至少一个其他表达的信噪比的信噪比之间的差;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序使所述处理器比对预定阈值分析所述值。

11. 如权利要求 9 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:所述第一表达的信噪比与从其他表达中选出的最大信噪比间的差;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序使所述处理器比对预定阈值分析所述值。

12. 如权利要求 9 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:与所述第一表达的信号振幅成比例的参数和与至少一个其他表达的信号振幅成比例的参数的商;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序使所述处理器比对预定阈值分析所述值。

13. 如权利要求 9 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:将与所述第一表达的信号振幅成比例的参数作为分母、并将与从其他表达中所选出的最大信号振幅成比例的参数作为分子的商;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序使所述处理器比对预定阈值分析所述值。

14. 如权利要求 9 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:与所述第一表达的噪声振幅成比例的参数和与至少一个其他表达的噪声振幅成比例的参数的商;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序使所述处理器比对预定阈值分析所述值。

15. 如权利要求 9 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:将与所述第一表达的噪声振幅成比例的参数作为分母、并且将与从其他表达中所选出的最大

噪声振幅成比例的参数作为分子的商；以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时，所述程序使所述处理器比对预定阈值分析所述值。

16. 如权利要求 9 所述的系统，其中，当所述程序使所述处理器获得所述各表达时，所述程序使所述处理器获得彼此一秒内的所述各表达。

17. 一种存储程序的计算机可读介质，当由处理器执行所述程序时，使所述处理器：

在测量周期内，对于多个换能器对的每一对换能器，获得由所述换能器对的至少一个换能器接收的声能的参数；

计算指示出与所述多个换能器对的第一换能器对有关的第一参数和至少一个其他参数之间的关系；以及

基于所述值，确定所述第一换能器对的性能是否指示所述第一换能器对的至少一个换能器的即将到来的故障。

18. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质，进一步包括：

当所述程序使所述处理器计算所述值时，所述程序使所述处理器将所述值计算成：作为所述第一表达的信噪比的参数与作为至少部分基于至少一个其他表达的信噪比的参数之间的差；以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时，所述程序进一步使所述处理器相对于预定阈值来评估所述值。

19. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质，进一步包括：

当所述程序使所述处理器计算所述值时，所述程序使所述处理器将所述值计算成：作为所述第一表达的信噪比的参数与作为从其他表达中所选出的最大信噪比的参数之间的差；以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时，所述程序进一步使所述处理器相对于预定阈值来评估所述值。

20. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质，进一步包括：

当所述程序使所述处理器计算所述值时，所述程序使所述处理器将所述值计算成：与所述第一表达的信号振幅成比例的参数和与至少一个其他表达的信号振幅成比例的参数的商；以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时，所述程序进一步使所述处理器相对于预定阈值来评估所述值。

21. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质，进一步包括：

当所述程序使所述处理器计算所述值时，所述程序使所述处理器将所述值计算成：与所述第一表达的信号振幅成比例的参数和与其他表达中最大的信号振幅成比例的参数的商；以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器的性能是否指示即将到来的故障时，所述程序进一步使所述处理器相对于预定阈值来评估所述值。

22. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质，进一步包括：

当所述程序使所述处理器计算所述值时，所述程序使所述处理器将所述值计算成：与所述第一表达的噪声振幅成比例的参数和与至少一个其他表达的噪声振幅成比例的参数

的商 ;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序进一步使所述处理器相对于预定阈值来评估所述值。

23. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:与所述第一表达的噪声振幅成比例的参数和与从其他表达中所选出的最大噪声振幅成比例的参数的商 ;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序进一步使所述处理器相对于预定阈值来评估所述值。

24. 如权利要求 17 所述的计算机可读介质,其中,当所述程序使所述处理器获得所述各表达时,所述程序使所述处理器获得彼此一秒内的所述各表达。

25. 一种系统,包括:

处理器;

存储器,耦合到所述处理器,所述存储器存储可由所述处理器执行的程序;

通信端口,耦合到所述处理器;

所述程序使所述处理器从流体计接收所测量的流体流量值,所述接收穿越所述通信端口,并且所述程序保留:在预定时间周期通过所述流体计的流体流量的总计值;

所述程序进一步使所述处理器穿越所述通信端口,对所述流体计的多个换能器对的每一对换能器,获得由所述换能器对的至少一个换能器接收的声能的参数;

所述程序进一步使所述处理器计算指示出与所述多个换能器对的第一换能器对有关的第一参数和至少一个其他参数之间的关系的值,以及基于所述值,确定所述第一换能器对的性能是否指示所述第一换能器对的至少一换能器的即将到来的故障。

26. 如权利要求 25 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序进一步使所述处理器将所述值计算成:作为所述第一表达的信噪比的参数与作为基于至少一个其他表达的信噪比的参数之间的差 ;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序进一步使所述处理器确定所述差是否大于预定阈值。

27. 如权利要求 25 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:将与所述第一表达的信号振幅成比例的参数作为分母、并将与至少一个其他表达的信号振幅成比例的参数作为分子的商 ;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,所述程序进一步使所述处理器确定所述值是否大于预定阈值。

28. 如权利要求 25 所述的系统,进一步包括:

当所述程序使所述处理器计算所述值时,所述程序使所述处理器将所述值计算成:将与所述第一表达的噪声振幅成比例的参数作为分母、并将与至少一个其他表达的噪声振幅成比例的参数作为分子的商 ;以及

当所述程序使所述处理器确定所述第一换能器对的性能是否指示即将到来的故障时,

所述程序进一步使所述处理器确定所述值是否大于预定阈值。

用于确定换能器即将到来的故障的方法和系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 无。

背景技术

[0003] 在从地下开采出碳氢化合物后,经管线将流体流(诸如原油或天然气)从一个地方运输到另一个地方。期望精确地了解在该流中流动的流体量,而且当交易或“储存交接”该流体时,要求特别精确。超声波流量计可以用来测量在管线中流动的流体量,并且超声波流量计具有足够的精度来在储存交接中使用。

[0004] 在超声波流量计中,声波信号穿过待测量的流体流来回发送。事实上,许多超声波仪表具有多个换能器对,换能器对的每一个换能器均发送声波信号并接收声能。尽管在一些情形下,换能器对的一个或两个换能器可能忽然停止操作,但是在大多数情况下,换能器的故障是换能器的性能(因此,同时考虑换能器对)随时间降低,直到不能从换能器对收集到足够的信息。例如,对于换能器,性能降低时,响应于与换能器有关的声能而产生的电信号的信噪比可能随换能器的性能降低而减小。

[0005] 即使在换能器对正常操作的情况下,环境因素也会影响换能器的性能。在信噪比的示例情形中,诸如仪表中的流体的压力、仪表中的流体的类型、上游控制阀的阀门构件的位置和上游整流器的条件的环境因素均会影响信噪比。当在几天、几周或几个月中注意到性能降低时,可能难以确定该性能降低是因为换能器的即将到来的故障还是因为环境因素的变化。

附图说明

[0006] 对于本发明的示例性实施例的详细描述,现在将参考附图,其中:

[0007] 图 1A 表示根据至少一些实施例的流量计的正面截面图;

[0008] 图 1B 表示根据至少一些实施例的流量计的端面正面图;

[0009] 图 1C 表示根据至少一些实施例的流量计的俯视图;

[0010] 图 2 表示根据至少一些实施例的流量计的电子部件;

[0011] 图 3 表示代表所接收的声能的示例性电信号;

[0012] 图 4 表示根据至少一些实施例的方法;以及

[0013] 图 5 表示根据至少一些实施例的流体计算器。

具体实施方式

[0014] 在下述说明书和权利要求书中,使用某些术语来表示特定的系统部件。如本领域的技术人员将意识到,仪表制造公司可能用不同的名称来指代部件。本文献不意欲区分名称不同而非功能不同的部件。

[0015] 在下述论述和权利要求书中,以开放形式使用术语“包含”和“包括”,由此应当解释成表示“包括,但不限于...”。同时,术语“耦合”或“耦合”意欲表示间接或直接连接。因

此,如果第一设备耦合到第二设备,该连接可以通过直接连接,或通过经其他设备或连接的间接连接。

[0016] 关于换能器或换能器对的“故障”应当是指转变到完全不可操作,或性能降低到尽管能操作但换能器或换能器对不能提供在超声波流量计中可用的足够声波信号生成和/或接收的点。

[0017] 各个实施例在四路或四“弦(chord)”超声波流量计的上下文中展开,并且本说明书部分地基于实验性上下文。然而,所述的系统和方法可以用于和用在任何多路声波型流量计中,因此,实验性上下文和说明不应当解释为限制到仅四弦超声波流量计的宽度。

[0018] 不同的实施例针对确定换能器对的性能是否指示即将到来的故障的方法和系统。该确定基于在至少两对换能器中生成和接收的声能、由各个换能器基本上同时(例如在相同的测量周期内)接收的声能的参数。除非另外说明,用来进行确定的参数来自相同测量周期(例如在一秒内)中,在一些情况下在彼此数毫秒内,由不同换能器对产生的声波信号和在其上接收的声能。基于基本上同时接收的声能的确定,方法和系统避免了维护历史性能值的需要,并且如果未消除的话,则降低了环境因素对直观换能器性能的影响。在更具体地转向各个实施例前,本说明书论述了各个实施例可能在其内操作的示例性超声波流量计。

[0019] 图 1A 示出了超声波流量计 101 以便解释超声波流量计的各个部件和关系。管件(spool piece) 100,适用布置于管线段间,具有预定尺寸并且限定了所测量的流体流过的中心通道。示例性的一对换能器 120 和 130,以及它们各自的外壳 125 和 135 沿管件 100 的长度放置。换能器 120 和 130 是声波收发器,并且更具体地说,是超声波收发器,意指它们均生成和接收具有超过大约 20 千赫的频率的声能。声能可由每一换能器中的压电元件生成和接收。为了生成声波信号,借助正弦信号,电激励压电元件,并且其通过振动来响应。压电元件的振动生成行进通过所测量的流体到达换能器对的对应换能器的声波信号。类似地,在被声能撞击后(即,声波信号和其他噪声信号),接收压电元件振动并生成由与仪表相关的电子部件检测、数字化和分析的正弦电信号。

[0020] 通路 110,有时称为“弦”,以与中心线 105 的角度 θ 存在于示例性换能器 120 和 130 间。“弦”110 的长度是换能器 120 的面和换能器 130 的面之间的距离。点 140 和 145 定义了由换能器 120 和 130 生成的声波信号进入和离开流过管件 100(即管件孔的入口)的流体的位置。换能器 120 和 130 的位置可以由角度 θ 、换能器 120 和 130 间的测量的第一长度 L、对应于点 140 和 145 间的轴向距离的第二长度 X 和对应于管内直径的第三长度“d”来定义。在大多数情况下,距离 d、X 和 L 在仪表制造期间精确地确定。此外,诸如 120 和 130 的换能器通常分别远离点 140 和 145 特定距离,而与仪表尺寸(即管件尺寸)无关。诸如天然气的流体在方向 150 中以速度剖面 152 流动。速度矢量 153-158 示例说明了朝管件 100 的中心线 105,通过管件 100 的气体速度增加。

[0021] 最初,下游换能器 120 生成传播穿过管件 100 中的流体的声波信号,然后入射在上游换能器 130 上并由其检测。稍后(例如在几毫秒内),上游换能器 130 生成传播返回穿过管件 100 中的流体的返回声波信号,然后入射在下游换能器 120 上并由其检测。由此,换能器 120 和 130 沿着弦通路 110 “抛掷和捕捉”信号 115。在操作期间,此场景每分钟可能出现上千次。

[0022] 换能器 120 和 130 间的声波信号 115 的渡越时间部分地取决于相对于流体流, 声波信号 115 向上游还是下游行进。用于向下游(即, 在与流体流相同的方向中)行进的声波信号的渡越时间小于当向上游(即与流体流相反)行进时的渡越时间。上游和下游渡越时间可用来计算沿信号路线的平均速度, 以及所测量的流体中的声速。

[0023] 超声波流量计可具有一个或多个声波信号通路。图 1B 示例说明了多路超声波流量计的一端的正面图。图 1B 的超声波流量计包括在管件 100 内的不同层面的四个弦通路 A、B、C 和 D。每一弦通路 A-D 对应于交替充当发射机和接收机的换能器对。还示出了控制电子外壳 160, 其控制电子设备从四个弦通路 A-D 采集和处理数据。图 1B 的视图中隐藏了对应于四个弦通路 A-D 的四对换能器。

[0024] 参考图 1C, 更容易理解四对换能器的排列。四对换能器端口安装在管件 100 上。每一对换能器端口对应于图 1B 的单个弦通路。第一对换能器端口 125 和 135 包括换能器 120 和 130(图 1A)。换能器以与管件 100 的中心线 105 的非直角 θ 来安装。安装另一对换能器 165 和 175(视图中仅部分)和相关的换能器, 以便其弦通路相对于换能器端口 125 和 135 的弦通路大致形成“X”形状。类似地, 换能器端口 185 和 195 平行于换能器端口 165 和 175 放置, 但处于不同“层面”(即管或仪表管件中不同的径向位置)。在图 1C 中未明确地示出第四对换能器和换能器端口。一起参见图 1B 和 1C, 换能器对排列成对应于弦 A 和 B 的上两对换能器形成“X”形状, 并且对应于弦 C 和 D 的下两对换能器也形成“X”形状。流体的流速可以在每一弦 A-D 确定, 以便获得弦流速, 以及弦流速结合来确定整个管上的平均流速。从平均流速, 可以确定在管件中流动的流体量, 由此确定在管线中的流体量。

[0025] 图 2 示例说明了根据至少一些实施例的超声波流量计的控制电子部件 200。控制电子部件 200 可以位于图 1B 的电子部件外壳 160 中, 电子部件外壳 160 可以耦合到管件 100。可替换地, 电子部件外壳 160 可以等效地安装在管件的附近(即, 在几英尺内)。控制电子部件 200 包括耦合到随机存取存储器 (RAM) 204、只读存储器 (ROM) 206 和通信端口 (COM) 208 的处理器 202。处理器 202 是程序在其中执行以便运行各个实施例的任务的设备。ROM 206 是存储了操作系统程序、以及实现各个实施例的程序的非易失存储器。RAM 204 是用于处理器 202 的工作存储器, 在执行前, 可以将一些程序和 / 或数据结构从 ROM 206 复制到 RAM 204。在可替换的实施例中, 可以从 ROM 206 直接存取一些程序和数据结构。通信端口 208 是仪表与上游设备通信的机构, 该上游设备诸如流体计算器(可以从多个流体计累计测量的流体流)和 / 或数据采集系统。尽管处理器 202、RAM 204、ROM 206 和通信端口 208 图示为单个的设备, 但在可替换的实施例中, 使用微控制器, 该微控制器集成地包括处理核心、RAM、ROM 和通信端口。

[0026] 处理器 202 进一步耦合和控制多个设备, 以便发送和接收声波信号穿过所测流体。特别地, 处理器 202 借助控制线 218 和 220, 分别耦合到换能器驱动器 210、接收机 212 和两个多路复用器 214 和 216。在一些实施例中, 换能器驱动器 210 包括振荡器电路和放大器电路。在这些实施例中的换能器驱动器 210 产生初始信号, 将该信号放大到足够的信号强度以驱动换能器, 以及相对于换能器提供阻抗匹配。在其他实施例中, 换能器驱动器从处理器 202 接收所需频率的交流 (AC) 信号, 放大该信号以及相对于换能器提供阻抗匹配。接收机 212 同样地可以采用许多形式。在一些实施例中, 接收机 212 是模数转换器, 其采用由换能器产生的表示所接收的声能的模拟波形, 并且将该信号转换成数字形式。在一些情况

下,接收机 212 可以在数字化前或后过滤和 / 或放大信号。然后,为了确定流体流的目的,以及为了确定一个或多个换能器对的性能是否恶化(下文更详细论述),接收信号的数字化版本会传递到处理器 202。

[0027] 执行程序的处理器 202 有选择地控制多路复用器 214 和 216 以便将每一换能器对 222 的每一换能器耦合到换能器驱动器 210(以驱动换能器来产生声波信号)和接收机 212(以响应声能,接收由换能器产生的电信号)。在一些实施例中,在一秒测量周期的范围内,处理器 202 指示每一换能器对发送约 30 个上游声波信号和 30 个下游声波信号。可以等效地使用用于每一换能器对的更多组或更少组的上游和下游声波信号,以及更长或更短的测量周期。

[0028] 仍然参考图 2,特别集中在换能器对 222A,以代表所有换能器对 222。为论述目的,换能器 224 是发送换能器,而换能器 226 是接收换能器,然而,在实际操作中,这些角色能互换。在处理器 202 的控制下,换能器驱动器 210 通过多路复用器 214 和 216 耦合到换能器 224。由换能器驱动器 210 生成和 / 或放大的电信号传播到换能器 224 中的压电元件并激励它,随之,换能器 224 生成声波信号。声波信号横穿测量的流体中的换能器 224 和换能器 226 间的距离。为便于制图,未对齐图 2 的换能器对 222A,但在操作中,换能器对基本上同轴,如图 1A 所示。在换能器 224 和换能器 226 间的声波信号的飞行时间期间,处理器 202 改变多路复用器 214 和 216 的配置以将换能器 226 耦合到接收机 212。换能器 226 接收声能(即,声波信号和噪声信号),并且对应于所接收的声能的电信号传播到接收机 212。

[0029] 图 3 示例说明了作为时间的函数的接收信号 300 以便论述感兴趣的各种参数。具体地,接收信号 300 示例说明由换能器响应流体内的声能生成的电信号。在换能器对的第一换能器发出声波信号时和声波信号撞击换能器对的第二换能器时的时间段之间,第二换能器生成噪声信号 302。一旦声波信号撞击在换能器上,换能器产生其振幅和持续时间响应于由第一换能器生成的声波信号的振幅和持续时间的信号 304。

[0030] 噪声信号 302 可能部分地归因于测量的流体中的杂散声能,还部分地归因于换能器中的压电元件的健康状况。具体地,适当操作的换能器产生具有与测量的流体中的杂散声能成比例并且还与由压电元件和系统电子部件产生的固有电子噪声成比例的振幅 306 的噪声信号 302。在一些故障模式中,杂散声能不相应地增加,而噪声信号 302 的振幅 306 增加。在其他故障模式中,杂散声能不相应地减小,而噪声振幅 306 下降。

[0031] 仍然参考图 3,适当操作的换能器产生具有与撞击在换能器上的声波信号的振幅成比例的振幅 308 的信号 304。然而,随着接收声能的传感器的健康状况的下降,由该对的第二换能器产生的声波信号的能量不相应地减小,而信号 304 的振幅 308 减小。同样地,随着产生声波信号的传感器的健康状况下降,进入流体中的声波信号的振幅减小,由此信号 304 的振幅 308 减小。因此,对于换能器对,信号 304 的低振幅 308 可以表示该对换能器的一个或两个即将发生的故障。

[0032] 根据至少一些实施例,可以由从至少两对换能器接收的声能的参数,确定换能器对的健康状况或性能,该声能基本上同时接收(例如,在相同测量周期内)。在论述示例性参数前,说明书转向超声波流量计中的发送和接收信号的时序。假定,例如,四弦超声波流量计。在一秒的示例性测量周期内,超声波仪表可以在每一弦上发送 30 个上游和 30 个下游声波信号(即,在一秒测量周期中,每 4.16 毫秒生成、传播和接收声波信号)。用一些方

式组合在测量周期中进行的各个测量（例如，用于弦的上游渡越时间平均，以及用于该弦的下游渡越时间平均，以及使用平均值的弦流速确定），然后，对于测量周期，确定流过仪表的总流量。一秒的测量周期仅是示例性的，而取决于具体超声波流量计的设计特征，测量周期可以更长或更短；然而，大于约二秒的测量周期增加总流量计算的误差，以及使仪表经受由环境变化引起的误差（例如压力变化、上游控制阀位置变化），这不利地影响基于所接收的信号参数的测量换能器对的健康状况的能力。由此，为说明书和权利要求书目的，术语“测量周期”，“基本上同时的”和 / 或“基本上同时地”应当是指指在两秒或更少以内。

[0033] 为论述目的，进一步假定，超声波流量计在每一弦 A-D（图 1B）上顺序地发送上游声波信号（第一半循环），然后在每一弦 A-D 上顺序地发送下游声波信号（第二半循环），然后，上游和下游循环再重复 29 次。相对于示例性一秒和半循环的测量周期（所有弦上的上游或所有弦上的下游），相对于弦 A 开始处理和相对于弦 D 结束处理间的时间差约为 16.67 毫秒。在每一半循环内，每一换能器对的上游（接收）换能器产生与图 3 的信号 300 类似的电信号，而实际信号特性取决于弦正面的声速、弦正面的流体的速度，以及（对本说明书的目的重要）弦正面的换能器对的换能器的健康状况。为了测试换能器对的健康状况，在测量周期期间，相对于从其他换能器接收的信号的一个或多个相应的参数，检查用于测试的换能器对的接收信号的参数。许多参数可用来进行分析，并且将依次论述示例性参数集。

[0034] 第一示例性参数是信噪比。每一接收信号 300 具有相应的信噪比。在一些实施例中，将图 3 的信号 304 振幅 308 除以噪声信号 302 振幅 306，可以计算信噪比。在其他实施例中，信号 304 的信号和噪声分量可以通过相对于频率过滤信号 304 部分，以及计算对应于与噪声部分的功率量（power content）成比例、所需信号的信号 304 的功率量来确定。与为每一接收信号确定信噪比的精密机构无关，根据下述等式，可以为具体弦测试健康状况：

$$[0035] \quad \text{Max}(\text{SNR}_x) - \text{SNR}_{\text{Test}} > \text{SNR}_{\text{Threshold}} \quad (1)$$

[0036] 其中，Max 是集合 SNR_x 的最大信噪比， SNR_x 是用于仪表的弦的信噪比（对于四弦仪表，X 是 {A, B, C, D}）， SNR_{Test} 是正测试的弦的信噪比， $\text{SNR}_{\text{Threshold}}$ 是预定阈值，并且每一 SNR 以分贝（dB）表示。假定，例如，根据等式 (1) 测试弦 A。选择四个弦的最高信噪比，以及从其中减去用于弦 A 的信噪比。如果弦 A 的信噪比与最高信噪比近似，那么结果将很小。如果弦 A 具有最高信噪比，则从信噪比减去其自身，并且结果正好为零。另一方面，如果弦 A 的信噪比显著地小，结果将很大。大于 $\text{SNR}_{\text{Threshold}}$ 的结果表示弦 A 即使到来的故障。通过相同的接收信号集（在该示例性情形下，在相同半循环中接收的），可以由等式 (1) 测试仪表的所有弦。

[0037] 第二示例性参数是信号振幅。如相对于图 3 所论述的，每一信号 304 部分具有振幅 308。一旦确定了每一接收信号的信号振幅，那么根据下述等式，可以为具体弦测试健康状况：

$$[0038] \quad \text{Max}(S_x) / S_{\text{Test}} > S_{\text{Threshold}} \quad (2)$$

[0039] 其中，Max 是集 S_x 的最大信号振幅， S_x 是用于仪表的弦的信号振幅（对于四弦仪表，X 是 {A, B, C, D}）， S_{Test} 是正处于测试的弦的信号振幅，并且 $S_{\text{Threshold}}$ 是预定阈值。假定，例如，根据等式 (2) 测试弦 A。选择示例性四个弦的最高信号振幅，以及除以用于弦 A 的信号振幅。如果弦 A 的信号振幅与最高信号振幅近似，则结果将接近 1。如果弦 A 具有最高信号振幅，则信号振幅除以其自身，并且结果正好为 1。另一方面，如果弦 A 的信号振幅显著

地小于最高信号振幅,那么结果将很大。大于 $S_{\text{Threshold}}$ 的结果表示弦 A 的即将到来的故障。用相同的接收信号集(在该示例性情况下,在相同半循环中接收的),可以按等式(2)测试仪表的所有弦。

[0040] 第三示例性参数是噪声振幅。如相对于图 3 所论述的,每一噪声信号 302 具有振幅 306。然而,如上所述,可能存在两种使用噪声振幅可检测的故障模式,在此称为“故障高声(fail loud)”和“故障聋(fail deaf)”。在故障高声情形下,声能无相应的增加,而噪声信号 302 振幅 306 增加,并且在故障聋情形下,声能无相应减小,而噪声信号 302 振幅 306 减小。一旦确定了每一接收信号的噪声振幅,根据下述等式,可以为具体弦测试健康状况:

$$[0041] \quad \text{HN}_{\text{Threshold}} > \text{Avg}(N_x) / N_{\text{Test}} > \text{LN}_{\text{Threshold}} \quad (3)$$

[0042] 其中, Avg 是来自集合 N_x 的平均噪声信号振幅, N_x 是用于仪表的弦的噪声信号振幅(对于四弦仪表, X 是 $\{A, B, C, D\}$), N_{Test} 是正处于测试的弦的噪声信号振幅, $\text{HN}_{\text{Threshold}}$ 是高噪声预定阈值,并且 $\text{LN}_{\text{Threshold}}$ 是低噪声阈值。假定,例如,根据等式(3)测试弦 A。计算示例性四弦的平均噪声信号振幅,并除以用于弦 A 的噪声信号振幅。如果弦 A 的噪声信号振幅与平均噪声信号振幅近似,则结果将接近 1。如果与平均噪声信号振幅相比,弦 A 的噪声信号振幅大(即,故障高声),那么结果将小。最后,如果与平均噪声信号振幅相比,弦 A 的噪声信号振幅小(即故障聋),那么结果将大。

[0043] 在一些实施例中,仅使用上述等式中的一个,来确定有关换能器对的性能是否指示换能器对的至少一个换能器的即将到来的故障。例如,基于信噪比的测试可能足以识别指示故障的性能变化。然而,在一些实施例中,换能器对的性能是否指示该换能器对的至少一个换能器的即将到来的故障的确定基于两个或多个测试。例如,如果相对于一个测试(例如,信噪比),测试的弦表现出性能变化,可以通过执行相对于第二参数的测试(例如,信号振幅或噪声振幅),确认该结果。

[0044] 预定阈值 $\text{SNR}_{\text{Threshold}}$, $S_{\text{Threshold}}$, $\text{HN}_{\text{Threshold}}$ 和 $\text{LN}_{\text{Threshold}}$ 是可调整的,并且可以基于仪表的预期操作条件(例如操作压力,预期流率,待测的流体)来选择。预定阈值可以选择,以便换能器性能的预期变化不会导致满足等式(1)、(2)和/或(3)的不等式,而是表示即将到来的故障的性能的变化导致满足不等式的至少一个。较密集的预定阈值可能导致在即将到来的换能器故障影响测试精度前过早检测,而且还可能导致错误指示。例如,当所有换能器对正在适当地操作时的信噪比可能与在约 6dB 内相同。因此,在一些实施例中,可以将 $\text{SNR}_{\text{Threshold}}$ 设置在 10dB 至 20dB 的范围中。作为另一例子,当所有换能器对正在适当地操作时的信号振幅可能在三倍之内是相同的。因此,在一些实施例中,可以将 $S_{\text{Threshold}}$ 将设置在 4 至 8 的范围中。更有甚者,其性能正在下降的换能器对的替换的急迫性可以从各个参数收集。例如,基于上述等式(1)至(3)分析为故障但具有大于 20dB 的信噪比(单独考虑)的换能器对可能不需要如可能导致换能器性能影响仪表的测量精度、基于等式(1)至(3)分析为故障并且具有低于 20dB 的信噪比的换能器对一样迅速被替换。

[0045] 到此所论述的示例性实施例分析了相同半循环中的上游声波信号参数。在测量周期中带有 30 个上游和 30 个下游操作的一秒的测量周期的情况下,所分析的上游声波信号均在 16.67 毫秒窗内发送和接收。然而,发送弦序列上游声波信号,然后弦序列下游声波信号的模式仅是示例性的。发送上游和下游声波信号的精确模式可以采用许多等效的形式。例如,超声波流量计可以将弦 A 上的一个上游声波信号和一个下游声波信号发送作为

一个集合,然后是弦 B 的集合等等,直到弦 D,然后在测量周期中重复该模式多次。在带有每一集合包括顺序地发送上游和下游声波信号的每一弦的 30 个集合的一秒的测试周期的情况下,经分析的上游声波信号均在 33.28 毫秒窗内发送和接收。而在其他实施例中,所分析的上游声波信号可能在相同测量周期中,但不需要来自相同循环。例如,可以相对于测量周期结束附近的循环中的声波信号,分析在测量周期的开始附近的上游声波信号参数。对于一秒的示例性测量周期,生成和检测这些信号的时间差可接近 1 秒。

[0046] 另外,尽管关于基于上游声波信号的分析,论述了各个实施例,但可以通过分析来自测量窗内的任何地方的下游声波信号,类似地确定换能器对的性能是否正在降低。再次,对于示例性的在测量周期中带有 30 个上游和下游操作的一秒测量周期,能在 16.67 毫秒窗内、33.28 毫秒窗内,或在外时间界限的测量窗,生成和接收下游声波信号。

[0047] 到此所述的示例性实施例基于各个接收信号(上游或下游)的参数分析。然而,在其他实施例中,该分析可以基于所有或部分测量周期上的平均值。例如,可以在测量周期对上游声波信号参数进行平均,然后在平均值上执行单个分析。在这些情况下,使用上述等式(1)-(3),除了 SNR_x 变为被选周期上的对于弦 X 的平均信噪比, SNR_{test} 变为正测试的弦的被选周期上的平均信噪比, S_x 变为被选周期上的对于弦 X 的平均信号振幅, S_{test} 变为对于正处于测试的弦的被选周期的平均信号振幅, N_x 变为在被选周期上对于弦 X 的平均噪声信号振幅,以及 N_{test} 变为对于正处于测试的弦的被选周期的平均噪声信号振幅。在每一情况下,被选周期小于或等于测量周期。

[0048] 此外,到此所论述的示例性实施例基于信噪振幅比、信号振幅和 / 或噪声振幅。然而,可以等效地分析接收信号的其他参数。例如,可以使用信号能量(计算信号振幅的平方),代替信号振幅。类似地,可以使用噪声能量(计算成噪声振幅的平方),代替噪声振幅。此外,可以结合信号能量和噪声能量来变为可替换的信噪比。也可以使用与上述提及的那些有关的其他参数。例如,一些超声波流量计在电路的检测部分中使用可编程的增益放大器(即自动增益控制)以向过零检测电路提供基本上恒定的信号振幅。当换能器对的性能退化时,可编程增益放大器的增益设定改变,由此确定第一换能器对的性能是否指示第一换能器对的至少一个换能器的即将到来的故障可以包含计算基于来自各可编程增益放大器的两个(或更多)增益设定的值。

[0049] 然而可能在每一测量周期中进行换能器对的性能是否指示即将到来的故障的确定,甚至在每一测量周期内几次确定,特等地,换能器在大概几天或几周出故障。因此,在一些实施例中,每天多次、每天仅一次或每周几次执行换能器对的性能是否指示即将到来的故障的确定。然而,如所提到的,可以等效地使用足以识别指示即将到来的故障的性能降低的任何确定频率。

[0050] 图 4 示例说明了根据至少一些实施例的方法。具体地,方法开始(块 400)以及进行以产生表示在第一对换能器间传播的声能的第一电信号(块 404)。接着,产生第二电信号,第二电信号表示在流量计的第二对换能器间传播的声能(块 408)。在一些实施例中,第二电信号与产生第一电信号基本上同时产生(例如,在相同测量周期内,在 16.67 毫秒内,在 33.28 毫秒内)。在产生电信号后,方法移向计算指示第一电信号的参数和第二电信号的参数间的关系的值(块 412)。如上所述,电信号的参数可以是能够指示换能器对的健康状况的任何参数,诸如信噪比、信号振幅或噪声振幅。与被选参数无关,使用该值,做出有关第

一对换能器的性能是否指示即将到来的故障的确定（块 416），并且该方法结束（块 420）。

[0051] 在示例性方法中，确定第一对换能器的性能是否指示即将到来的故障可以类似地采用许多形式。在将信噪比作为感兴趣的参数的情况下，确定可以包含确定测试弦和至少部分基于第二电信号的信噪比的信噪比间的信噪比的差。在将信号振幅作为感兴趣的参数的情况下，确定可以包含确定第一电信号的信号振幅和至少部分基于第二电信号的信号振幅的信号振幅的商。在噪声振幅作为感兴趣的参数的情况下，确定可以包含确定第一电信号的信号振幅与至少部分基于第二电信号的噪声振幅的噪声振幅的商。

[0052] 到此为止的说明书的论述假定确定一个或多个换能器是否具有在超声波流量计中发生的即将到来的故障。然而，在可替换的实施例，有关即将到来的故障的确定可以发生在上游设备中。图 5 示例说明了上游设备进行有关即将到来的故障的确定的可替换的实施例。具体地，图 5 示例说明了耦合到多个超声波流量计 502 的流体计算器 500。流体计算器配置成在预定时间周期上，累计由超声波流量计的每一个测量的流体流（即，保持累计值）。可以基本上如上所述构造和操作超声波流量计 502 的每一个。然而，每一仪表 502 可以是不同尺寸（即，每一管件定义不同尺寸的中心通道），或每一仪表可以测量不同类型的流体。例如，在发电站运行的天然气仪表可以包括多个并联和独立的计量部分，每一部分为天然气流率的具体范围而优化。流体计算器 500 由此可以累计来自超声波流量计 502 的每一个的流体流，以确定进入发电站的总天然气流。

[0053] 示例性流体计算器 500 包括耦合到 RAM506、ROM508、通信端口 510 和通信端口 512 的处理器 504。处理器 504 是程序在其中执行以便执行累计流体量的任务，以及还确定每一超声波流量计 502 中的换能器对的即将到来的故障的设备。ROM508 是存储操作系统程序、以及实现各个实施例的程序的非易失存储器。RAM506 是用于处理器 504 的工作存储器，在执行前，可以将一些程序和 / 或数据结构从 ROM508 复制到 RAM504。在可替换的实施例中，可以直接从 ROM508 存取一些程序和数据结构。通信端口 510 是流体计算器 500 与诸如数据采集系统的上游设备通信的机构。类似地，通信端口 512 是流体计算器 500 与超声波流量计 502 通信的机构。在可替换的实施例中，流体计算器可以对于每一超声波流量计 502 具有单独的通信端口 512，以及在另外的实施例中，单个通信端口可以用来与超声波流量计和上游设备通信。尽管处理器 504、RAM506、ROM508 和通信端口 510、512 示为单个的设备，但在可替换的实施例中，使用微控制器，该微控制器集成地包括处理核心、RAM、ROM 和通信端口。

[0054] 根据这些实施例，超声波流量计 502 的至少一个配置成发送由超声波流量计 502 的换能器对的至少一个换能器接收的声能的参数。在一些情况下，发送到流体计算器 500 的参数是所接收的声能的电子表达，以及在其他情况下，发送到流体计算器 500 的参数仅是感兴趣的具体参数（例如信噪比、信号振幅、噪声振幅）。因此，流体计算器 500，具体是处理器 504 和通信端口 512 配置成接收参数。根据示例性实施例，流体计算器 500 配置成以上述参考超声波流量计的方式，确定一个或多个换能器是否遇到即将到来的故障。因此，如果超声波仪表具有不足的计算能力以执行确定即将到来的故障的计算，那么可以由超声波仪表所耦合到的流体计算器来执行这些计算。

[0055] 从在此提供的描述，根据各个实施例，本领域的技术人员易于能将如通过适当的通用目的描述而产生的软件与专用计算机硬件结合，以创建计算机系统和 / 或计算机子部

件,创建用于执行各个实施例的方法的计算机系统和/或计算机子部件,和/或创建用于存储软件程序的计算机可读介质以实现各种实施例的方法的各方面。

[0056] 上述论述意欲示例本发明的原理和各个实施例。只要全面地理解上述公开内容,许多变形和改进对本领域的技术人员来说将变得显而易见。意欲将下述权利要求书解释成涵盖所有这些变形和改进。

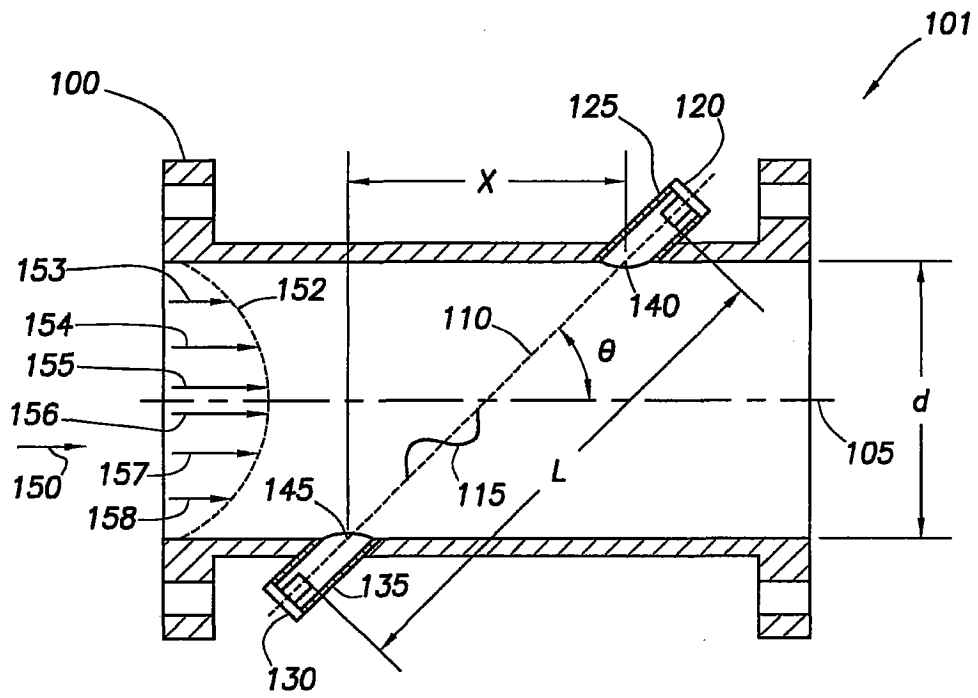


图 1A

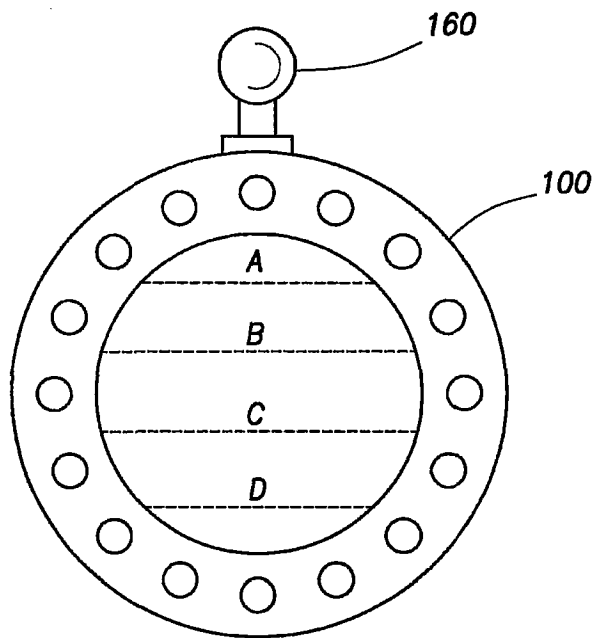


图 1B

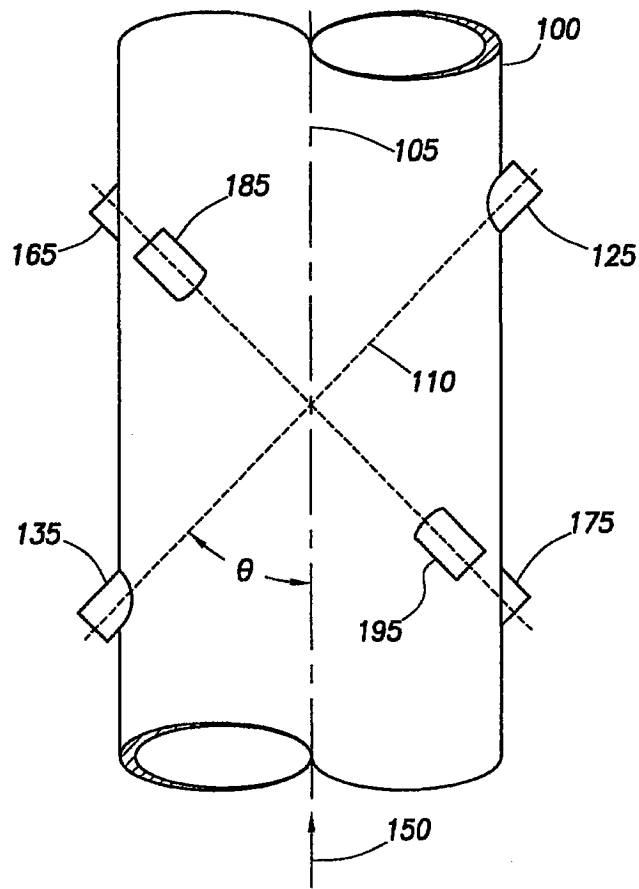


图 1C

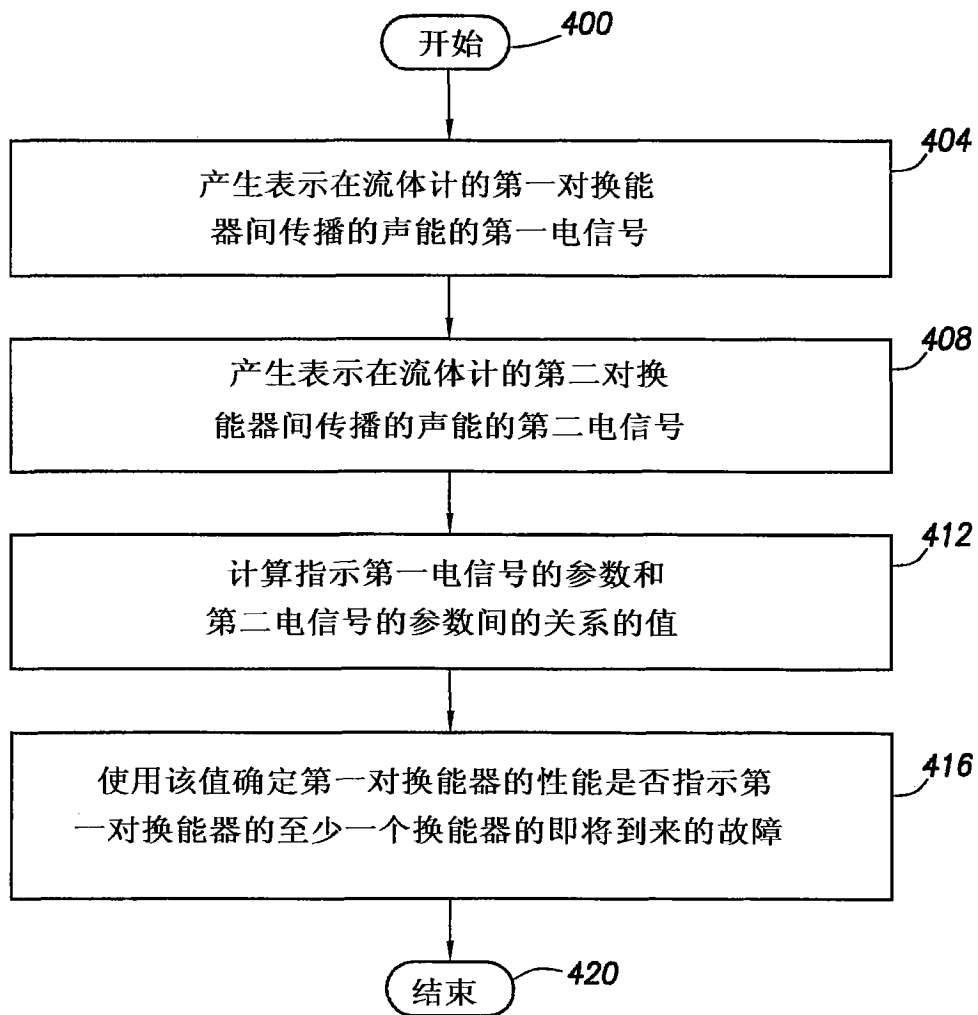


图 4

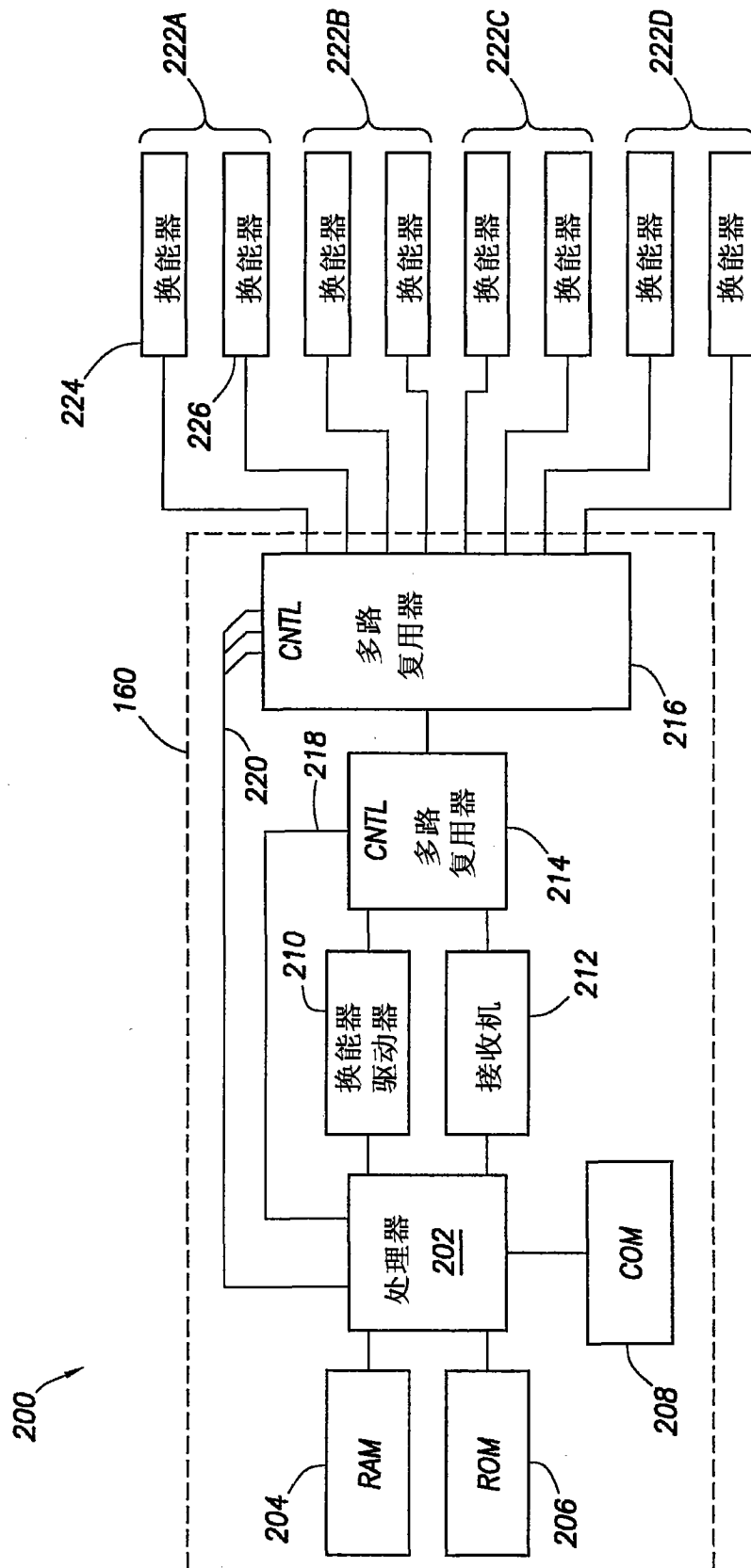


图 2

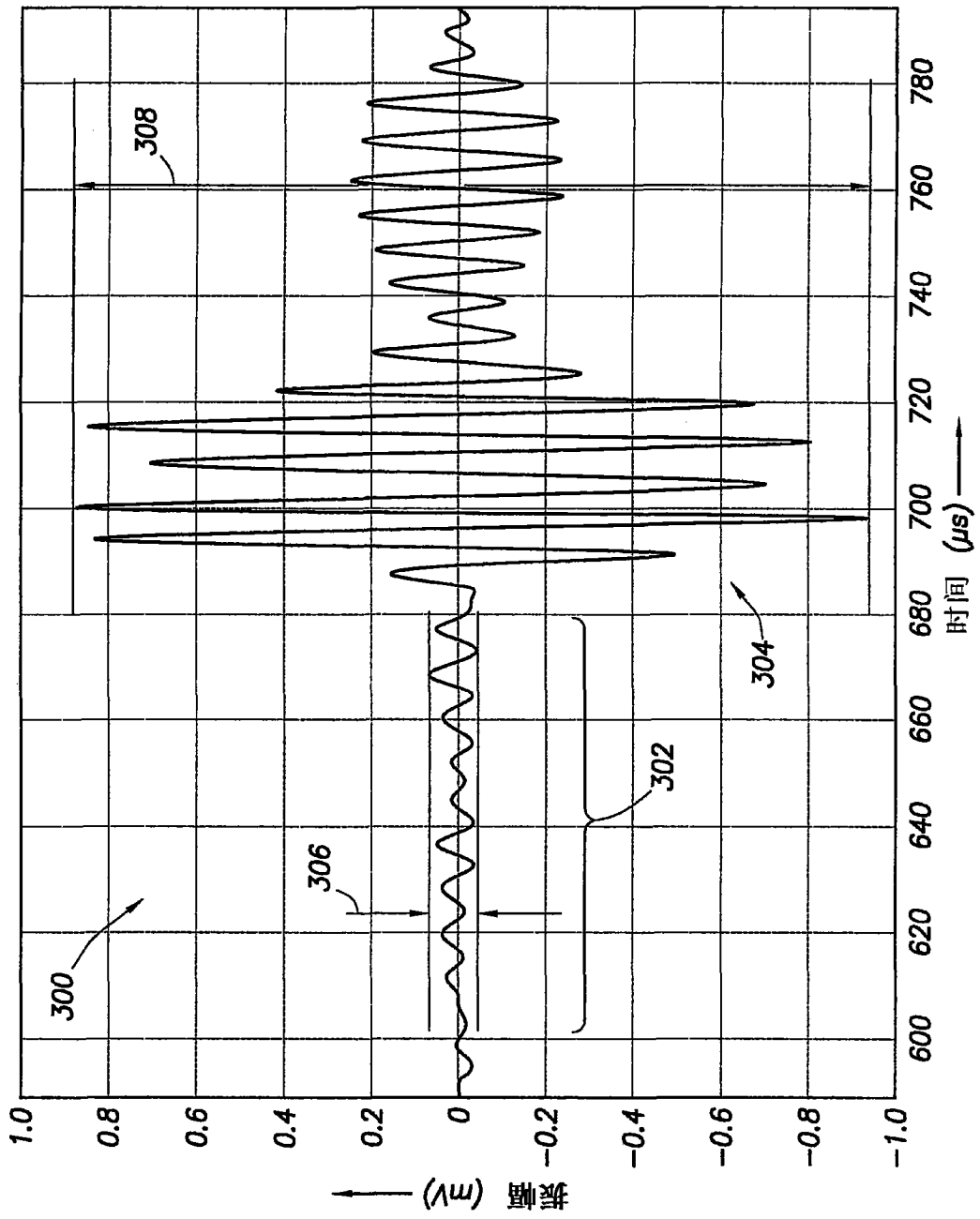


图 3

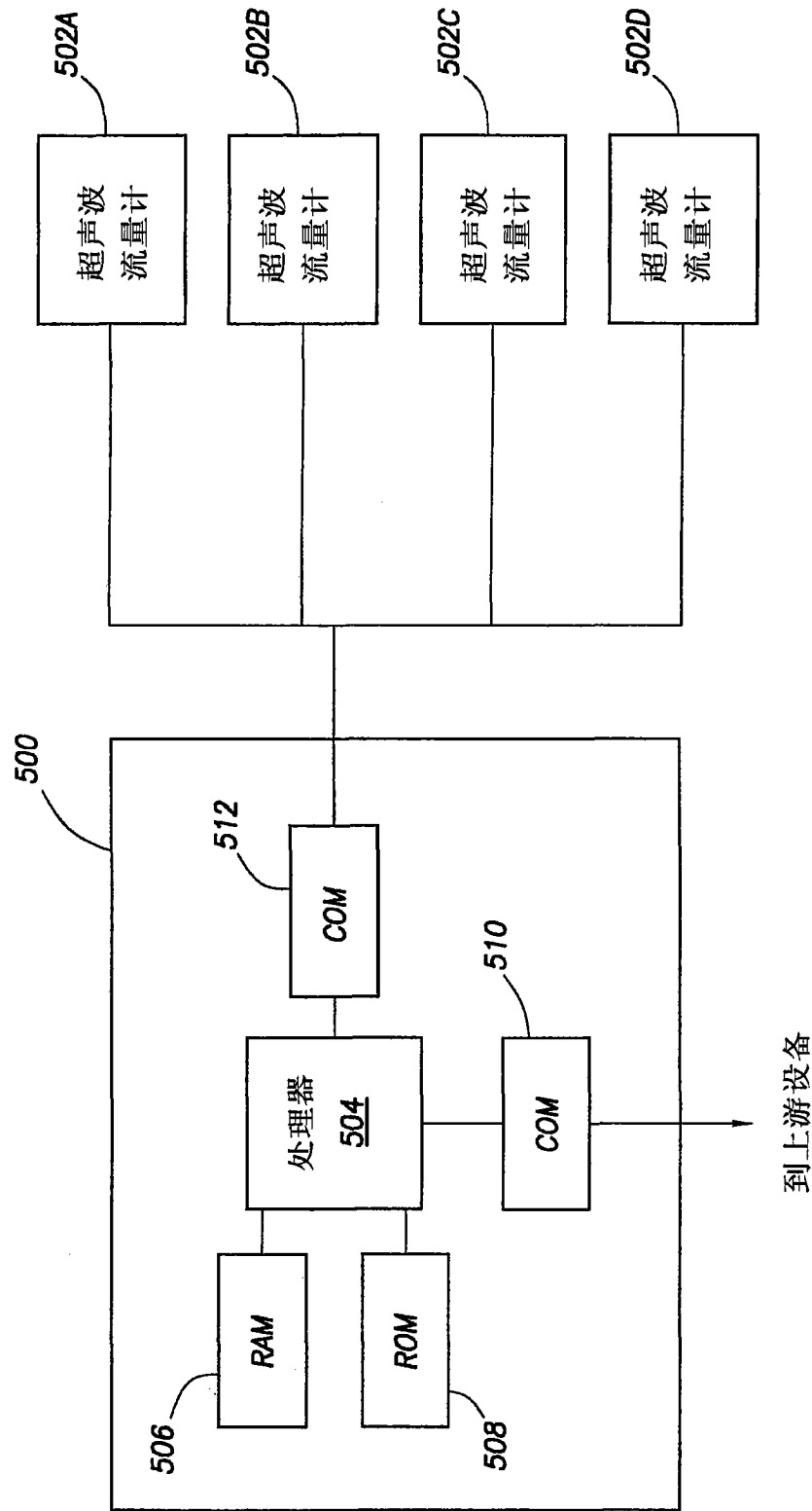


图 5