(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103597325 B
(45)授权公告日 2016.09.28

(21)申请号 201180002550.1
(22)申请日 2011.08.23
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103597325 A
(43)申请公布日 2014.02.19
(30)优先权数据
61/376,589 2010.08.24 US
61/405,944 2010.10.22 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2011.12.21
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2011/048865 2011.08.23
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/027409 EN 2012.03.01

(73)专利权人 因万西斯系统股份有限公司
地址 美国马萨诸塞州
(72)发明人 M.P.亨利
(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
代理人 王景刚

(51)Int.Cl.
G01F 1/74(2006.01)
G01F 1/84(2006.01)
G01F 15/02(2006.01)
(56)对比文件
US 2008034892 A1,2008.02.14,
US 5535632 A,1996.07.16,
审查员 张蔚

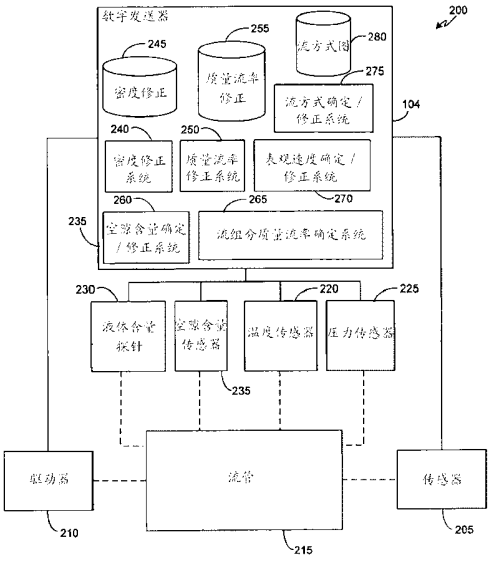
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

多相计量

(57)摘要

多相流体通过科里奥利流量计和含水率计。多相流体在第一时间段期间包括两相，在第二时间段期间包括三相。确定多相流体在第一时间段期间包括两相，多相流体的参数的第一值通过利用在第一时间段期间由科里奥利流量计测量的值确定。多相流体的参数的第二值通过利用在第一时间段期间由含水率计测量的值确定。第一值与第二值比较，并且基于该比较确定第一值和第二值是彼此不一致的。



CN 103597325 B

1.一种多相计量方法,包括:

使得多相流体通过科里奥利流量计,所述多相流体在第一时间段期间包括两相而在第二时间段期间包括三相;

使得多相流体通过含水率计;

确定多相流体在第一时间段期间包括两相;

通过利用在第一时间段期间通过科里奥利流量计测量的值确定多相流体的参数的第一值;

通过利用在第一时间段期间通过含水率计测量的值确定多相流体的参数的第二值;

比较第一值和第二值;和

基于该比较来确定第一值和第二值彼此不一致。

2.如权利要求1所述的方法,其中,所述参数包括多相流体的密度,所述第一值是第一密度值并且所述第二值是第二密度值。

3.如权利要求1所述的方法,其中,所述参数包括多相流体的含水率,并且所述第一值是通过含水率计测量的含水率,所述第二值是通过利用从科里奥利流量计读取的值确定的含水率。

4.如权利要求2所述的方法,其中,第一密度值和第二密度值的比较包括确定第一密度值和第二密度值之间的百分数差异。

5.如权利要求1所述的方法,进一步包括基于所述不一致性确定在含水率计中存在误差。

6.如权利要求1所述的方法,进一步包括基于所述不一致性确定在科里奥利流量计中存在误差。

7.如权利要求2所述的方法,其中,所述第二密度通过利用$\rho_{mW}=\frac{\delta_{wW}}{100}*\rho_w+(1-\frac{\delta_{wW}}{100})*\rho_o$确定,其中$\rho_o$是假定的油密度,$\rho_w$是假定的水密度,$\delta_{wC}=\frac{(\rho_m-\rho_o)}{(\rho_w-\rho_o)}\times 100\%$是含水率的估计值,$\delta_{wW}$是从含水率计获得的读数,并且$\rho_m$是通过科里奥利流量计测量的多相流体的第一密度。

8.如权利要求1所述的方法,其中,在第一时间段期间的多相流体是纯液体。

9.如权利要求1所述的方法,其中,基于所述比较确定第一值和第二值彼此不一致包括确定第一值和第二值之间的差异的百分数超过门限值。

10.如权利要求9所述的方法,其中,所述门限值为大约5%。

11.一种多相计量系统,包括:

配置来接收流体的含水率计;和

耦合到该含水率计的科里奥利流量计,其中所述科里奥利流量计配置为接收流体,所述流量计定向为以使得流体向下流动通过科里奥利流量计,

进一步包括计算装置,其配置为:

确定多相流体在第一时间段期间包括两相;

通过利用在第一时间段期间由科里奥利流量计测量的值确定多相流体的参数的第一值;

通过利用在第一时间段期间由含水率计测量的值确定多相流体的参数的第二值;

比较第一值和第二值;和

基于所述比较确定第一值和第二值彼此不一致。

12.如权利要求11所述的系统，其中，所述参数包括多相流体的密度，所述第一值是第一密度值并且所述第二值是第二密度值。

13.如权利要求11所述的系统，其中，所述参数包括多相流体的含水率，并且所述第一值是通过含水率计测量的含水率，所述第二值是通过利用从科里奥利流量计读取的值确定的含水率。

14.如权利要求12所述的系统，其中，为了比较第一密度值和第二密度值，计算装置被配置为确定第一密度值和第二密度值之间的百分数差异。

15.如权利要求11所述的系统，进一步包括基于所述不一致性确定在含水率计中存在误差。

16.如权利要求11所述的系统，其中，所述计算装置进一步配置为基于所述不一致性确定在科里奥利流量计中存在误差。

17.如权利要求12所述的系统，其中，所述第二密度通过利用$\rho_{mW}=\frac{\delta_{wm}}{100}*\rho_w+(1-\frac{\delta_{wm}}{100})*\rho_o$确定，其中$\rho_o$是假定的油密度，$\rho_w$是假定的水密度，$\delta_{wC}=\frac{(\rho_m-\rho_o)}{(\rho_w-\rho_o)}\times 100\%$是含水率的估计值，$\delta_{wW}$是从含水率计获得的读数，并且$\rho_m$是通过科里奥利流量计测量的多相流体的第一密度。

18.如权利要求11所述的系统，其中，所述计算装置进一步配置为基于所述不一致性确定假定的油密度或者假定的水密度其中的至少一个是错误的。

19.如权利要求12所述的系统，其中，所述含水率计包括液体含量探针。

多相计量

[0001] 相关申请交叉引用

[0002] 本申请要求于2010年8月24日提交的名称为“MULTIPHASE METERING SYSTEM”的美国临时申请No.61/376,589以及于2010年10月22日提交的名称为“MULTIPHASE METERINGS SYSTEM”的美国临时申请No.61/405,944的权益。这些在先的临时申请公开的内容在此被全文引入作为参考。

技术领域

[0003] 本描述涉及流量计。

背景技术

[0004] 流量计提供关于传递通过导管的材料的信息。例如，质量流量计提供传递通过导管的材料的质量的测量。类似地，密度流量计或者密度计提供流动通过导管的材料的密度的测量。质量流量计还可提供材料的密度的测量。

[0005] 例如，科里奥利(Coriolis)类型的质量流量计是基于科里奥利效应，其中流动通过旋转的导管的材料受到科里奥利力影响因此经受加速度。许多科里奥利类型质量流量计通过围绕垂直于导管长度的枢转轴正弦摆动导管引起科里奥利力。在这样的质量流量计中，由运动的流体质量经受的科里奥利反作用力传递到导管自身，并且被显现为导管在转动面中的科里奥利力矢量方向的偏斜或者偏移。

发明内容

[0006] 在一个总的方面，一种方法，包括使得多相流体通过科里奥利流量计，所述多相流体在第一时间阶段期间包括两相并且在第二时间阶段期间包括三相，使得多相流体通过含水率计，确定多相流体在第一时间阶段期间包括两相，通过利用在第一时间阶段期间科里奥利流量计测量的值确定多相流体的参数的第一值，通过利用在第一时间阶段期间由含水率计测量的值确定多相流体的参数的第二值，比较第一值与第二值，以及基于该比较确定第一值和第二值彼此不一致。

[0007] 实施例可包括一个或多个以下特征。所述参数可以是多相流体的密度，第一值是第一密度值，第二值是第二密度值。第二密度可以通过利用$\rho_{mW}=\frac{\delta_{wW}}{100}*\rho_w+(1-\frac{\delta_{wW}}{100})*\rho_o$确定，其中$\rho_o$是假定的油密度，$\rho_w$是假定的水密度，$\delta_{wC}=\frac{(\rho_m-\rho_o)}{(\rho_w-\rho_o)}\times 100\%$是含水率的估计值，$\rho_m$是通过科里奥利流量计测量的多相流体的第一密度。所述参数可以是多相流体的含水率，第一值是通过含水率计测量的含水率，第二值是通过利用从科里奥利流量计读取的值确定的含水率。

[0008] 比较第一密度值和第二密度值可包括确定第一密度值和第二密度值之间的百分数差异。在一些实施例中，可以基于所述不一致性确定含水率计中存在误差，或者可以基于所述不一致性确定在科里奥利流量计中存在误差。假定的油密度或者假定的水密度其中的

至少一个可以基于所述不一致性被确定为错误的。在第一时间段期间，多相流体可以是纯液体的。基于所述比较确定第一值和第二值彼此不一致可以包括确定第一值和第二值之间的百分数差异超过门限值。该门限值可以是大约5％。

[0009] 在另一一般方面，一种系统包括配置来接收流体的含水率计；和耦合到所述含水率计的科里奥利流量计。所述科里奥利流量计配置为接收所述流体，所述流量计定向为以使得所述流体向下流动通过所述科里奥利流量计。

[0010] 实施例可包括一个或多个以下特征。所述系统还可包括计算装置，该计算装置配置为确定多相流体在第一时间段期间包括两相，通过利用在第一时间段期间由科里奥利流量计测量的值确定多相流体的参数的第一值，通过利用在第一时间段期间由含水率计测量的值确定多相流体的参数的第二值，比较第一值和第二值，以及基于该比较确定第一值和第二值彼此不一致。所述计算装置可以是包括在耦合到科里奥利流量计的发送器的处理器。所述计算装置可以是包括在位于科里奥利流量计和含水率计外部的流计算机中的处理器。

[0011] 在一些实施例中，所述参数可以是多相流体的密度，第一值是第一密度值，第二值是第二密度值。第二密度可以通过利用$\rho_{mW}=\frac{\delta_{wW}}{100}*\rho_w+(1-\frac{\delta_{wW}}{100})*\rho_o$确定，其中是$\rho_o$假定的油密度，$\rho_w$是假定的水密度，$\delta_{wC}=\frac{(\rho_m-\rho_o)}{(\rho_w-\rho_o)}\times 100\%$是含水率的估计值，$\rho_m$是通过科里奥利流量计测量的多相流体的第一密度。所述参数可以是多相流体的含水率，第一值是通过含水率计测量的含水率，第二值是通过利用从科里奥利流量计读取的值确定的含水率。

[0012] 为了比较第一密度值和第二密度值，所述计算装置可以配置为确定第一密度值和第二密度值之间的百分数差异。在一些实施例中，可以基于所述不一致性确定在含水率计中存在误差。所述计算装置可以进一步配置为基于所述不一致性确定在科里奥利流量计中存在误差。所述计算装置可以进一步配置为基于所述不一致性确定假定的油密度或者假定的水密度其中的至少一个是错误的。为了基于该比较确定第一值和第二值彼此不一致，计算装置可以配置为确定第一值和第二值之间的百分数差异超过门限值。该门限值可以为大约5％。在第一时间段期间的多相流体可以是纯液体的。含水率计可以是液体含量探针。

[0013] 上面描述的技术的任一的实施例可以包括一种方法或者流程、系统、流量计或者存储在流量计发送器的存储装置上的指令。特定实施例的细节在附图中提出并在下面描述。其它的特征将从下面的描述，包括附图以及权利要求中变得明显。

附图说明

[0014] 图1A是利用弯折流管的科里奥利流量计的示例。

[0015] 图1B是利用直的流管的科里奥利流量计的示例。

[0016] 图2是科里奥利流量计的方框图。

[0017] 图3是示出图2的科里奥利流量计的操作的流程图。

[0018] 图4是示出用于确定对于两相流的液体和气体流率的技术的流程图。

[0019] 图5A是科里奥利流量计的方框图。

[0020] 图5B是图5A的系统的实施例的图表。

[0021] 图6是图5A的系统的另一实施例的示例。

[0022] 图7和8示出用于确定科里奥利流量计和含水率计之间是否存在不一致的示例性的流程。

具体实施方式

[0023] 流量计的类型包括数字流量计。例如，美国专利6,311,136，其在此通过参考被引入，公开数字流量计的使用以及包括信号处理和测量技术的有关技术。这样的数字流量计在它们的测量方面可以是非常精确的，没有噪音或者几乎没有噪音，并且能够使得在驱动器线路上获得宽范围的正负增益以用于驱动导管。因此，这样的数字流量计在多种设置方面是有利的。例如，共同转让的美国专利6,505,519，其在此通过参考引入，公开宽增益范围的使用和/或负增益的使用，以防止停顿并且更精确地实施流管的控制，即便是在困难的情形下，例如在两相流(例如，包含液体和气体混合物的流)的情形下。

[0024] 虽然数字流量计在下面参照例如图1和2进行具体讨论，但是应当理解，还存在模拟流量计。虽然这样的模拟流量计会倾于具有模拟线路的典型缺点，例如相对于数字流量计而言的低精确性和高噪声测量值，但是它们也可以与在此讨论的各技术和实施例相兼容。这样，在下面的讨论中，术语“流量计”或者“计”用于表示其中科里奥利流量计系统使用各种控制系统和有关元件以测量质量流、密度和/或运动通过流管或者其它的导管的材料的其它的参数的任何类型的装置和/或系统。

[0025] 图1A是利用弯折流管102的数字流量计的示例。具体地，弯折流管102可以用于测量例如(运动)流体的一个或多个物理特性，如上所述。在图1A中，数字发送器104与弯折流管102交换传感器和驱动信号，以致传感弯折流管102的振动以及相应地驱动弯折流管102的振动。通过快速和精确地确定传感器和驱动信号，数字发送器104，如上所述，提供弯折流管102的快速和精确操作。用于弯折流管的数字发送器104的例子被提供在例如共同转让的美国专利6,311,136中。

[0026] 图1B是利用直流管106的数字流量计的示例。更具体地，在图1B中，直流管106与数字发送器104相互作用。这样的直流管在概念层次上类似于弯折流管102地操作，并具有相对于弯折流管102的各种优点/缺点。例如，直流管106仅由于它的结构的几何形状可以比弯折流管102更易于(完全)充填和抽空。在操作中，弯折流管102可在例如50-110Hz频率操作，而直流管106可在例如300-1000Hz频率操作。弯折流管102代表具有各种直径的流管，并可以在多个方向例如竖直或者横向方向操作。

[0027] 参照图2，数字质量流量计200包括数字发送器104、一个或多个运动传感器205、一个或多个驱动器210、流管215(其也可以称作导管，并可以代表弯折流管102、直流管106或者其它类型的流管)和温度传感器220。数字发送器104可以利用例如处理器、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、ASIC、其它的可编程逻辑或门阵列或者具有处理器芯片的可编程逻辑的一个或多个予以实施。应当理解，如在6,311,136中描述的，相关的数模转换器可以被包括用于驱动器210的操作，而模数转换器可以用于将来自传感器205的传感器信号进行转换以便用于数字发送器104。

[0028] 数字发送器104基于从运动传感器205接收的至少一个信号产生流动通过流管215的例如密度和/或质量流的测量。数字发送器104还控制驱动器210以引起流管215中的运动。该运动由运动传感器205传感。

[0029] 流动通过流管的材料的密度测量与例如在流管215中通过由驱动器210提供的驱动力引起的流管215的运动的频率和/或流管215的温度相关。类似地，通过流管215的质量流与流管215的运动的相和频率以及流管215的温度相关。

[0030] 利用温度传感器220测量的流管215中的温度影响流管的特定属性，例如它的刚度和尺度。数字发送器104可补偿该温度效应。同样在图2中，压力传感器225与发送器104连通，并连接到流管215以为可操作的以传感流动通过流管215的材料的压力。应当理解，进入流管215的流体的压力以及在流管上跨过相关点的压力降可以是特定流动情形的表征。同样，尽管外部温度传感器可用于测量流体温度，但是除设计来测量用于流管校准的代表性温度的内部流量计传感器之外，这样的传感器可被使用。同样地，一些流管使用多个温度传感器以用于修正关于工艺流体和环境之间的差分温度(例如，流管的外壳的壳体温度)的影响的测量值的目的。如在下面更详细地讨论的，入口流体温度和压力测量的一个潜在用途是用于基于预定的公式计算在两相流中的液体和气体的密度。

[0031] 液体含量(fraction)探针230涉及例如在当流管215中的液体包括水和另一流体例如油时，用于测量液体例如水的体积含量的装置。当然，这样的探针或者类似的探针可以用于测量除了水之外的流体的体积含量，如果这样的测量是优选的或者如果液体并不包括水的话。在下面的描述中，测量的液体一般假定为水以为了示例性的目的，以使得液体含量探针230通常称为水含量探针230或者含水率探针230。

[0032] 空隙含量传感器235测量流管215中的气态形式的物质的百分数。例如，流动通过流管215的水会包含可能为气泡形式的空气。在其中流动通过流管215的材料包括超过一种材料的这样的情形通常成为称为“两相流”。特别地，术语“两相流”可以是指液体和气体；但是，“两相流”也可表示其它的材料组合，例如两种液体(例如，油和水)。在图2中由空隙含量传感器235总体代表的各种技术存在用于测量液体和气体的两相流中的气体空隙含量(其中气体空隙含量可以被认为是混合物中的气体的按体积的比例，例如表示为百分数)。例如，存在可以插入到流中以确定气体空隙含量的各种传感器或者探针。作为另一例子，文氏管(venturi tube)(也就是，具有狭窄的咽喉部的管，其通过在流体穿过管时在咽喉部产生的分压的测量确定流体压力和速度)，依赖于气体通常比液体更高速度地通过节流部的事实，可以用于确定压力梯度，从而运动确定气体空隙含量。

[0033] 气体孔隙度的测量可以通过利用全部在流管外部的设备获得。例如，声纳测量可以被进行以确定气体空隙含量。作为这样的基于声纳系统的特定例子，可以使用由Connecticut的Wallingford的CiDRA Corporation生产的SONARtracTM气体空隙含量监测系统。

[0034] 在该描述中，由空隙含量传感器测量的或者由其它方式确定的流动流体中的气体的量可以称为空隙含量或者α，并限定为α＝气体体积/总体积＝气体体积/(液体体积+气体体积)。相应地，在此称作液体含量的量限定为1-α。

[0035] 在其中要求质量流测量的许多场合，流的空隙含量可以高达20％、30％、40％或者更大。但是，即使在0.5％的非常小的空隙含量下，科里奥利流量计背后的根本的理论变得更不适用。而且，在流体流中的气体的存在还会影响流体流的密度的实际和测定值，从而通常导致密度测量值比仅包含液体组分的流体流的情形下的测量值更低并且读数更低。也就是，应当理解，通过自身流动通过流管的液体的密度ρ_{liquid}将比包含液体和气体的两相流的

实际密度ρ_{true}更高，因为气体(例如，空气)密度通常将低于两相流中的液体(例如，水)的密度。换句话说，当气体加入到之前仅包含液体的液体流中时，密度降低。

[0036] 超越该物理现象，测量包含气体的两相流体流的科里奥利流量计可以输出作为(例如，水和空气组合的)两相流的体积密度的表观测量的密度读数$\rho_{apparent}$。该原始测量$\rho_{apparent}$通常将不同于(低于)两相流的实际体积密度ρ_{true}。例如，由流量计使用的共振频率可以被修正用于其中仅存在液体组分的情形，但是，由于气体在流体流中的相对运动，其用于掩盖流管的惯性(也就是，使得惯性的量小于仅液体的流的预期的惯性量)，密度测量值会读取得较低。

[0037] 应该理解，许多传统的现有技术的流量计没有考虑这个问题，因为大多数这样的科里奥利流量计在甚至最少量的空隙含量下不能继续操作(例如，停顿或者输出不精确的测量值)。

[0038] 美国专利No.6,505,519，其在上面通过参考被引入，公开$\rho_{表观}$(也就是，通过科里奥利流量计输出的两相流的表明的体积密度读数)从$\rho_{真实}$(也就是，两相流的实际体积密度)产生的偏差可以以各种技术为特征。结果，测量的$\rho_{表观}$可以被修正以获得实际的体积密度$\rho_{修正}$，其至少大约等于$\rho_{真实}$。稍微类似地，通过科里奥利流量计测量的$MF_{表观}$的表明的体积质量流率(也就是，整个两相流的质量流率)可以不同于能从实际的体积质量流率$MF_{真实}$预测或者表征的量。应当理解，用于修正的体积质量流率$MF_{真实}$的修正技术可以不同于用于修正密度的技术。例如用于修正测量的$MF_{表观}$以获得实际$MF_{真实}$(或者，至少，$MF_{修正}$)的各技术在美国专利No.6,505,519中讨论。

[0039] 用于修正$\rho_{表观}$和$MF_{表观}$的详细的技术的例子在下面更详细地讨论并且也在美国专利7,059,199、7,188,534和7,188,534中讨论，这些美国专利全部在此通过参考而并入。一般说来，虽然，参照图2，数字发送器被示出为包括能够访问密度修正数据库245的密度修正系统240，和能够访问质量流修正数据库255的质量流率修正系统250。如下面更详细地讨论的数据库245和255可包含：例如修正算法，该算法已经在理论上进行推演或者通过实验获得；和/或修正表，该修正表提供用于给定的一组输入参数的修正的密度或者质量流值。数据库245和255还可存储可以用于执行密度或者质量流修正的许多其它类型的信息。例如，密度修正数据库可以存储许多对应特定液体(例如，水或者油)的密度$\rho_{液体}$。

[0040] 在图2中进一步地，空隙含量确定/修正系统260是可操作的以确定包括液体和气体的两相流的空隙含量。在一个实施例中，例如，空隙含量确定/修正系统260可从修正的密度$\rho_{修正}$确定实际空隙含量$\rho_{真实}$。在另一实施例中，空隙含量确定/修正系统260可输入由空隙含量传感器235获得的表观或者表明空隙含量测量值，可以基于类似于上面提及的密度和质量流技术的误差表征修正该测量值。在另一实施例中，空隙含量传感器235可以是可操作的以直接测量实际空隙含量$\rho_{真实}$，在该情形下，空隙含量确定/修正系统260简单地输入该测量值。

[0041] 一旦$\rho_{修正}$、$MF_{修正}$和$\alpha_{修正}$的因子已经被确定，并且或许连通其它的已知的或者可被发现的量，流组分质量流率确定系统265可操作以同时确定关于液体相组分的质量流率和关于气体相组分的质量流率。也就是，发送器104是可操作的以确定流组分的各个流率$MF_{液体}$和$MF_{气体}$，这与仅确定组合的或者总的两相流的体积流率$MF_{真实}$相反。尽管，如刚刚提及的，这样的测量值可以同时被确定和/或输出，它们也可以彼此单独地或者独立地确定。一旦组分流

率$MF_{液体}$和$MF_{气体}$已经以大致如上面列出的方式得以确定，这些初始确定可以通过依赖于流组分的表观速度、组分之间的滑移速度和/或流的被识别的流状态的工艺而得以改进。以这种方法，关于流率$MF_{液体}$和$MF_{气体}$的改进的值可以得以获得，或者可以随着这些流率变化而随着时间推移地获得。

[0042] 表观速度在此是指如果相同质量流率的给定相如同单相一样运动通过流管215而将存在的那些速度。表观速度确定/修正系统270被包括在发送器104中，用于例如确定两相流中的气体或者液体的表观或者修正表观速度。滑移速度是指其中两相流中的气体和液体相具有不同的平均速度的情形。也就是，气体的平均速度$AV_{气体}$不同于液体的平均速度$AV_{液体}$。如此，相滑移可以限定为$S=AV_{气体}/AV_{液体}$。

[0043] 流状态是表示两相流动相对于彼此通过流管和/或流动通过流管215的方式的表征的术语，并且可以至少部分地依据刚确定的表观速度进行表示。例如，一种流状态公知为“气泡状态”，其中气体作为气泡被罩在液体中。作为另一例子，“插嵌状态”表示被相对大的气袋分隔的一系列的液体“插入物”或者“插嵌物”。例如，在竖直流动中，在插嵌流状态中的气体可以占据流管215的几乎整个横截面区域，以使得产生的流在高液体和高气体组分之间交替。其它的流状态是已知存在的并且具有某些限定特征，包括，例如，环形流状态、分散流状态、泡沫流状态以及其它状态。

[0044] 特定流状态的存在已知受到各种因素的影响，包括，例如，流体流中的气体空隙含量、流管215的方向(例如，竖直的或者水平的)、流管215的直径、包括在两相流中的材料和两相流中的材料的速度(和相对速度)。取决于这些和其它的因素，特定的流体流可以在给定时间段内在数种流状态中过渡。

[0045] 关于相滑移的信息可以至少部分地由流防止知识确定。例如，在气泡流状态中，假定气泡是均匀分布的，在相之间几乎没有相对运动。在其中气泡聚集并合并以形成更不均匀分布的气体相的情形下，一些滑移会在相之间发生，因为气体趋于切割通过液体相。在图2中，流状态确定系统275被包括，其能够访问流状态图的数据库280。以这种方法，关于现有流状态的信息，包括相滑移信息，可以被获得、存储和访问，用于同时确定两相流中的液体和气体的质量流率。

[0046] 在图2中，应当理解，数字发送器104的各部件彼此连通，尽管通信连接没有明确示出以为了简洁。进一步地，应当理解，数字发送器104的传统的部件没有在图2中示出，而是假定存在于数字发送器104中，或者能够访问到数字发送器104。例如，数字发送器104将典型地包括(体积)密度和质量流率测量系统，以及用于驱动驱动器210的驱动线路。

[0047] 图3是示出图2的科里奥利流量计200的操作的流程图300。具体地，图3示出一技术，通过该技术，图2的流量计200是可操作的以同时确定关于两相流的液体和气体流率$MF_{液体}$和$MF_{气体}$。在图3中，确定气体/液体两相流存在于流管215(302)中。这可以例如通过操作者在质量流量计/比重计关于气体/液体流的配置过程中完成。作为另一例子，该确定可以通过利用科里奥利流量计的特征以检测存在两相气体-液体流的状态而自动进行。在后一情形中，这样的技术在例如美国专利号6,311,136和美国专利号6,505,519中更详细地予以描述，该两个美国专利在上面通过参考而并入。

[0048] 一旦两相流的存在得以建立，修正体积密度$\rho_{修正}$通过密度修正系统240利用发送器104的密度修正数据库245建立(304)。也就是，表观密度$\rho_{表观}$被修正以获得$\rho_{修正}$。用于执行该

修正的技术在下面更详细地讨论。一旦$\rho_{修正}$被确定，修正气体空隙含量$\alpha_{修正}$可以通过空隙含量确定/修正系统260进行确定(306)。同样地，修正体积质量流率$MF_{修正}$通过质量流率修正系统250确定(308)。至于密度，用于获得修正空隙含量$\rho_{真实}$和质量流率$MF_{修正}$的技术在下面更详细地讨论。

[0049] 在图3中，应当从流程图300理解，$\rho_{修正}$、$\alpha_{修正}$和$MF_{修正}$的确定可以以许多顺序发生。例如，在一个实施例中，修正的空隙含量$\alpha_{修正}$基于以前计算的修正密度$\rho_{修正}$确定，由此，修正质量流率$MF_{修正}$基于$\alpha_{修正}$确定。在另一实施例中，$\alpha_{修正}$和$\rho_{修正}$可以独立于彼此计算，和/或$\rho_{修正}$和$MF_{修正}$可以独立于彼此计算。

[0050] 一旦修正密度$\rho_{修正}$、修正空隙含量$\alpha_{修正}$和修正质量流率$MR_{修正}$是已知的，那么气体和液体组分的质量流率通过流组分质量流率确定系统265确定(310)。用于确定液体/气体组分流率的技术在下面参照图4更详细地讨论。

[0051] 一旦确定，液体/气体组分流率可以输出或者显示(312)以便流量计的操作者使用。以这种方法，操作者被提供，或许同时被提供，关于两相流的液体质量流率$MF_{液体}$和气体质量流率$MF_{气体}$二者的信息。

[0052] 在一些情况下，该确定可以是足够的(314)，在任一情形下液体/气体组分流率的输出实现工艺流。但是，在其它的实施例中，单一组分质量流率的确定可以通过在关于例如气体/液体组分的表观速度、流的流状态以及组分之间的相滑移，如果有的话，的信息中进行因子处理而得以改善。

[0053] 特别地，气体和液体的表观速度$SV_{气体}$和$SV_{液体}$如下进行确定。气体表观速度$SV_{气体}$限定为：

[0054] $$SV_{气体}=MF_{气体}/(\rho_{气体}*A_T) \qquad 等式1$$

[0055] 其中，量AT代表流管215的横截面积，该横截面积可以是在测量流空隙含量的位置测量的。类似地，液体表观速度$SV_{液体}$限定为：

[0056] $$SV_{液体}=MF_{液体}/(\rho_{液体}*A_T) \qquad 等式2$$

[0057] 如等式1和2所示，在这方面表观速度的确定依赖于先前的$MF_{气体}$和$MF_{液体}$的确定。从上面的描述以及从图3应当理解，$MF_{气体}$和$MF_{液体}$代表修正或者实际质量流率$MF_{气体}^{修正}$和$MF_{液体}^{修正}$，因为这些因子是基于$\rho_{真实}$、$\alpha_{真实}$和$MF_{真实}$计算的。结果，表观速度$SV_{气体}$和$SV_{液体}$代表修正值$SV_{气体}^{修正}$和$SV_{液体}^{修正}$。进一步地，密度值$\rho_{气体}$和$\rho_{液体}$如上地表示所述液体和气体的已知密度，其可以存储在密度修正数据库245中。如下面关于计算修正密度$\rho_{修正}$的技术更详细地讨论的，密度值$\rho_{气体}$和$\rho_{液体}$可以称作由温度传感器220和压力传感器225检测的现有温度或者压力的函数。

[0058] 利用表观速度及其他已知的或者计算的因子，其中它们中一些可以存储在流状态图数据库280中，相关的流状态和/或相滑移可通过流状态确定/修正系统275确定(318)。一旦表观速度、流状态和相滑移已知，可以对修正体积密度$\rho_{真实}$、修正体积质量流率$MF_{修正}$和/或修正空隙含量$\alpha_{修正}$进行修正。以这种方法，如图3所示，组分流率$MF_{气体}$和$MF_{液体}$可以被确定。

[0059] 两项液体/气体流中的流状态可以通过描绘液体表观速度相对于气体表观速度的图形上的轮廓进行描述。如刚刚描述的，对$\rho_{修正}$、$\alpha_{修正}$和/或$MF_{修正}$的确定的改进可以通过首先建立液体和气体流率的近似值，然后将更详细的模型应用于识别的流状态，而获得。例如，在相对低的GVF和相对高的流动下，存在这样的流状态，其中含气流体行为如同匀质流体，

在密度和质量流二者中没有或者几乎没有误差。这可以被检测作为匀质流而无需修正，从而简单使用驱动增益的观测值，其表明在这样的设定总没有或者几乎没有增加，尽管在视密度中存在显著的下降。

[0060] 图4是示出用于确定关于两相流的液体和气体流率$MF_{液体}$和$MF_{气体}$的技术的流程图400。也就是，流程图400大致代表用于确定液体和气体流率的技术的一个例子(310)，如上面关于图3描述的。

[0061] 在图4中，液体和气体流率的确定(310)开始于输入修正密度、空隙含量和质量流率因子$\rho_{修正}$、$\alpha_{修正}$和$MF_{修正}$(402)。在第一阶段中(404)，液体和气体流率通过利用等式3和4进行确定(406)：

[0062] $MF_{气体}=\alpha_{修正}(\rho_{气体}/\rho_{真实})(MF_{修正})$ 等式3

[0063] $MF_{液体}=(1-\alpha_{修正})(\rho_{液体}/\rho_{修正})(MF_{修正})$等式4

[0064] 等式3和4假定在液体和气体相之间没有滑移速度(也就是，相滑移)(也就是，气体相的平均速度$AV_{气体}$和液体相的平均速度$AV_{液体}$相等)。该假定与如下事实一致：在第一阶段中，表观速度和流状态(以及由此相滑移)尚未确定。在第二阶段及其后(404)，确定相滑移是否存在(408)，其可能是通过流状态确定/修正系统275进行的。如果不存在，则等式3和4被再一次使用(406)或者处理结束。

[0065] 如果相滑移确实存在(408)，将上面限定为$S=AV_{气体}/AV_{液体}$，术语$MF_{气体}$和$MF_{液体}$通过利用流管215的横截面面积AT进行计算，该AT也用于等式1和2中的表观速度的计算。利用刚刚给定的滑移S的限定，

[0066] $MF_{气体}=\rho_{气体}(\alpha_{修正}A_T)(AV_{气体})=\rho_{气体}(\alpha_{修正}A_T)(S)(AV_{液体})$等式5

[0067] $MF_{液体}=\rho_{液体}((1-\alpha_{修正})A_T)(AV_{液体})$等式6

[0068] 因为$MF_{修正}=MF_{气体}+MF_{液体}$，所以等式5和6可以关于$AV_{液体}$求解以获得等式7

[0069] $AV_{液体}=MF_{真实}/(A_T(\rho_{气体}\alpha_{修正}+\rho_{液体}(1-\alpha_{修正})))$等式7

[0070] 结果，液体和气体流率通过利用等式8和9进行确定(406)：

[0071] $MF_{液体}=\rho_{液体}(1-\alpha_{修正})/(\rho_{气体}\alpha_{修正}+\rho_{液体}(1-\alpha_{修正}))][MF_{修正}]$等式8

[0072] $MF_{气体}=MF_{修正}-MF_{液体}$ 等式9

[0073] 如上方描述的，拖拽为液体形式的气体形成两相流。这样的两相流通过科里奥利流量计的测量产生两相流的密度、空隙含量和质量流率各自的表观参数$\rho_{表观}$、$\alpha_{表观}$和$MF_{表观}$。由于两相流关于科里奥利流量计的操作的属性，这些表征值通过可预测的因子是不正确的。结果，表观参数可以被修正以获得实际的参数$\rho_{修正}$、$\alpha_{修正}$和$MF_{修正}$。相应地，实际修正值可以用于同时确定两个组分(气体和液体)的各自的流率。

[0074] 上面的讨论提供测量两相流中的组分质量流率的例子。流量计还可以用于测量其它混合流。例如，“三相”流或者“混合两相流”表示其中两种类型的液体混有气体的情形。例如，流动的油水混合物可包含空气(或者其它气体)，这样形成“三相流”，其中该术语表示三个组分的流，并且通常并不暗含固体物料被包括在流中。但是，在某些例子中，多相流可包括固体材料，例如沙。

[0075] 图5A是流量计系统500的方框图。流量计系统500可以用于例如确定在三相流中的各个组分的流率。例如，系统500可以用于确定三相流(例如，包括油和水的三相流的组分)的气体组分的质量流率和液体组分的质量流率。此外，系统500可以用于确定在给定时间段

内运动通过提炼油设备上的管的油、水和气体流中的油的量或者油的比例。

[0076] 流量计系统500还可以用于从数字发送器104获得精密测量，例如，密度测量或者质量流测量。系统500还可以用于从外部传感器例如液体含量探针230或者空隙含量传感器235例如获得相对于单独利用外部传感器获得的测量而言改进的测量。

[0077] 在图5A中，数字发送器104包括空隙含量确定系统502、密度确定系统504和质量流率确定系统506(除许多部件没有被示出以便清楚之外，例如，驱动信号发生器、或者多相检测系统、或者关于图2所示或者讨论的部件的任何)。也就是，如应当从上面的描述理解的，系统502，504和506可以用于测量在流210中的流体流的相应参数。进一步，同样如上解释的，对于包含气体和/或混合液体的流体流，通过系统502，504和506输出的测量通常代表相应参数的原始值或者表观值，其最终可以通过修改系统508修正。

[0078] 例如，在流管215中的三相流体流的表观质量流率可以输出到修正系统508，用于通过利用质量流率修正模块512进行修正，而流管215中的三相流体流的表观密度可以输出到修正系统508，用于利用密度修正模块518进行修正。稍微类似地，流体流中的表观空隙含量的测量或者确定可以利用密度修正模块514进行修正，而表观液体含量的测量或者确定(例如，来自探针230的含水率)可以利用含水率修正模块516进行修正。如下面更详细地描述的，各修正模块512-518可以彼此结合地工作，和/或与其它的部件工作，以为了获得它们各自的修正值。

[0079] 一旦获得，修正值，例如质量流率、密度、含水率或者空隙含量(或者其一些组合)可以输出到主计算机510，用于通过利用组分流率确定系统520确定三相流体流的三个组分的每一个的单个的质量流率。结果，如上所述，三个组分的每一个的各自的流率和/或流量可以被确定。

[0080] 更一般地说，系统500的例子包括用于获得修正的测定值和/或个体组分流率的三个一般的元件：发送器104、标有附图标记522的一个或多个个体的外部传感器、和修正系统508的一个或多个元件。当然，这些元件的许多组合、变化和实施方式可以使用，其各个例子在下面更详细地讨论。

[0081] 例如，在一些实施例中数字发送器104可以不包括空隙含量确定系统502。在一些情形中，空隙含量确定系统502可以包括液体含量探针230或者与液体含量探针230相关联，或者可以不需要液体含量探针230，这取决于空隙含量传感器235的类型或者构型。在这样的情形中，对于需要它的情形，空隙含量可以从修正模块512，516和/或518的输出予以确定。

[0082] 进一步，虽然外部传感器522在图5A中示出为与数字发送器104和流管215连通，但是，应当理解，外部传感器522可以以许多不同的方式获得它们的各测量值。例如，温度传感器220、压力传感器225和空隙含量传感器230的例子在上面例如参照图2被描述。进一步液体含量探针235可以与流管215关于主管串联，用于传输三相流体流，并可以保持与发送器104、修正系统508和/或主计算机510单独连通。

[0083] 在图5A中，修正系统508示出为与数字发送器104和主计算机510分离。但是，在一些实施例中，修正系统508可以位于数字发送器104、主计算机510之内，或者可以与一个或多个外部传感器522相关联。在又其它实施例中，修正系统508的各个部分可以包括在系统500的不同的部分中。例如，密度和质量流率修正可以在数字发送器104上执行，而含水率修

正可以在液体含量探针230上执行。

[0084] 在一些实施例中，修正系统508可包括全部的模块512-518(如所示的)或者其一些子集合，或者可包括其它的没有在图5A中特别示出的模块(例如，用于修正三相流中的两液体组分，例如油/水/气体流体流中的油/水混合物，的密度的修正模块)。进一步，一些或者全部的任何的这样的修正模块可以彼此结合。例如，质量流率和密度修正可以结合到一个模块中，而含水率修正模块516可以是单独的。

[0085] 沿着相同的思路，应当理解，组分流率确定系统520可以位于系统500中的许多位置。例如，组分流率确定系统520可以位于修正系统508中，或者可以位于数字发送器104中。

[0086] 以上及其他实施例的各例子，以及用于获得修正流测量值和单组分流率的特定技术的例子，在下面更详细地描述。但是，总的来说，应当理解，系统500及其其他实施例允许所有或者技术所有的三相流体流连续流动通过流管215和通过相关联的管或者用于输送三相流材料的其它的导管。

[0087] 结果，单一组分流率的确定不需要三相流体流分为包括构成组分的一个或多个的单独的流。例如，当三相流包含油、水和气体时，不必从油/水液体组合分离气体以为了执行产生的油/液体流的油部分的测量(例如，质量流率)。相应地，在例如油生产设备处产生的油的量的可靠测量可以容易、快速、廉价和可靠地进行。

[0088] 图5B是图5A的系统500的实施例的图表。在图5B中，液体含量探针230示出为关于通过管2202的三相流体流与数字发送器104串联的含水率探针。在如图5B所示的实施例中，三相流体向上流动通过科里奥利流量计104。

[0089] 图6是图5A的系统500的另一实施例的图表。在这个实施例中，液体含量探针230与流管215串联，并且流体向下流动通过流管215和液体含量探针230。流体可以是三相流体，例如包括两液体相，例如水相和油相，以及气体相的流体。系统600包括通过其流体流入管604中的入口602、液体含量探针230、流管215和通过其流体流出管604的出口608。系统600还包括接口模块609，其可以包括电子处理器、电子存储器(例如存储器)和一个或多个输入/输出模块(例如，显示器、用于连接到与流管215连通的发送器(例如发送器104)和/或与液体含量探针230连接和/或用于连接到远程终端(未示出)的通信接口、和手动触摸输入，例如键盘和鼠标)。

[0090] 液体含量探针230可以是测量和提供流动通过含水率计的流体中的水的含量的估计的含水率计(或者含水率探针)。水的含量可以称为含水率。在系统600中，流管215布置为以使得流体在对应重力方向的向下方向流动通过科里奥利流量计。

[0091] 在一些应用中，例如成熟油气井中，其中在管604中流动的流体具有相对低的压力和相对高的气体空隙含量(GVF)，流体可作为包括最多气体(因此具有高的GVF)或者最多液体(因此具有低GVF)的一系列插嵌物通过科里奥利流量计。在一些应用中，例如在监测在耗尽的或者低压力的油气藏储中的井的输出中，待测量的多相流可包括具有高GVF的低压力流。在这些情况下，更好的测量性能可从多相测量系统获得，如果三相混合物通过具有很高GVF的一系列插嵌物、形成基本全部的气体或者相对低的GVF以及形成几乎全部的液体。

[0092] 相应地，科里奥利流量计和含水率探针的配置，例如如图6所示，可以用于促进插嵌流。与具有中等的GVF的分离的液体的大致稳定的液流相比，包括液体或者气体插嵌物的液流可以通过科里奥利流量计更有效地进行测量。当纯的插嵌物，或者大致纯的液体(例

如，包括95％或者更多的液体的插嵌物)通过液体含量探针230和流管215时，可以存在冗余信息。例如，当液体插嵌物通过流管215时，用于求解三相(例如气体、油和水)的测量数据可以通过科里奥利流量计和含水率计获得，但是仅两相(例如水和油)存在。用于水和油流率的替代计算方法可以用于该情形，并且冗余的测量信息可以用于提供科里奥利流量计和液体含量探针230之间的交叉检查，如在下面的图7和8中描述的。这样的交叉检查可以提供科里奥利流量计或者液体含量探针230的故障或者其它的问题的指示。

[0093] 系统600，其可以成为滑撬(skid)600，可以用于低压力、低液体流场合，例如成熟的油气井。在如图6所示的例子中，液体含量探针230和流管215是在滑撬600的向下的腿608的向下的方向。液体含量探针230和流管215在向下的方向的布置在低压力、高GVF场合会是有益的。例如，与其中科里奥利流量计定向为以使得流体在向上的方向流动通过流管215的系统相比，定位流管215以使得流体向下流动通过流管215可使得科里奥利流量计排空更有效，因为重力和任何的气体流在相同的方向工作。此外，多相流体的气体和液体相的分离可自然地在滑撬600的向上的腿610上发生，因为气体随时通过流管215，而液体趋于聚集在向上的腿610中直到液体的足够大的插嵌物能够通过滑撬600的顶部部分611到向下的腿608。一旦液体已经通过流管215，重力动作以最小化或者消除液体流回到流管215中。在一些实施例中用于进一步最小化到流管215中的回流的装置，例如防返回阀(未示出)，可以包括在滑撬600中。这样，如图6所示的配置可以有利于插嵌物流动。

[0094] 此外，例如如图6所示的配置可减小流管215处于部分地充满的状态(或者部分地充满的情形)的可能性。例如，当液体完全流动或者几乎停止时，如对于低生产的油气井的延伸的时间段会发生的，除非流管215完全排空，流管215会进入部分地充满的状态。尽管处于部分地充满的状态，流管215会产生假的(错误的)、非零的质量流读数，其相应地会导致流动通过流管215的油水的错误读数。部分地充满的状态可以独立于流体流的确实的检测而被检出。例如，部分地充满的状态可以利用密度切断值而被检出以使得如果由发送器104报告的密度低于密度切断值，通过发送器104提供的液体流率设置为零。切断值可以为例如100kg/m^3。在一些实施例中，另一测量值，例如来自差分压力计的测量值，可以用于检测液体流的存在。跨过滑撬600的一部分的足够高的差分压力(例如跨过流管215的压力、跨过整个滑撬600的压力或者跨过另一部件例如滑撬中的孔口板的压力)可表明流体流的存在。在一些实施例中，流开关(未示出)可以用于检测液体流的存在或者缺失。但是，如图6所示的配置减少或者消除液体被捕获在流管215中的可能性，这样降低或者消除部分地充分状态的发生以及部分地充满的状态的影响。而且，在至少一些情况下，流管215在向下的腿608上的配置有利于插嵌物流动，并且如上所述，基于插嵌物流的测量可以是比基于等效的非插嵌物流的测量更精确的。在一些实施例中，液体含量探针230(其可以是含水率计)可以能检测在液体含量探针230中没有液体。来自液体含量探针230(其可以是含水率计)的这样的指示器可以用作标识或者指示器以切断或者忽视来自科里奥利流量计的假的流读数。

[0095] 图7示出可以用于交叉检查科里奥利流量计和含水率探针的示例性的流程700。流程700可以利用来自系统600的数据予以执行，但是，这不是必须的。流程700可以通过发送器104执行，或者流程700可以通过位于发送器104外部但是与发送器104连通的处理器(例如在流计算机中的处理器)予以执行。在一些实施例中，流程700的一些部分可以通过发送器104执行，一些部分可以通过位于发送器104外部的处理器执行。位于发送器104外部的处

理器可以是包括在接口模块609中的处理器。

[0096] 流程700使用当通过流管215和液体含量探针230的流体是纯的或者大致纯的液体时存在的通过发送器104和液体含量探针230产生的测量中的冗余。例如，当流体包括超过95％液体时，流体可以是大致纯的。当包括例如油相和水相而不是气相的液体插嵌物流动通过液体含量探针230和流管215时，流体可以是纯的液体。当纯的液体的插嵌物通过液体含量探针230和流管215并且用于求解三相(油、气体、水)的测量数据是可获得的但是仅两相(油、水)存在时，流量计104和液体含量探针230的每一个可产生冗余信息，该冗余信息可以用于检查检查从发送器104获得的数据与从液体含量探针230获得的数据。科里奥利流量计与例如含水率探针的交叉检查可以用于识别科里奥利流量计和含水率探针任一或者二者中的故障和/或识别预置或者预配置的系统参数例如假定的水或者油的密度的不正确的假定。

[0097] 参照图7，多相流体通过流管215(705)，并且多相流体通过液体含量探针230(710)。多相流体在第一时间段期间包括两个相，并且在第二时间段期间包括三个相。例如，多相流体可在第一时间段期间包括油相和水相，在第二时间段期间包括油相、水相和气体相。这样，在第一时间段期间，多相流体可认为是液体，或者几乎为液体，插嵌物，并且可以认为是没有气体的并且可以具有非常低的GVF(例如低于5％的GVF)。在一些实施例中，第一时间段足够长以提供用于从液体含量探针230和发送器104获得多个测量值。例如，第一时间段可以是对应十次测量或者十次测量更新的持续时间。可以例如大约每秒地发生。这样，第一时间段可以是大于十秒或者更长的时间。如在下面讨论的，在一些实施例中，在一时间段期间从发送器104和液体含量探针230进行的测量可以被过滤以降低噪音并改进精度和性能，这样，在第一时间段期间进行的多次测量可以改善精度。

[0098] 确定的是，在第一时间段期间多相流体包括两相(715)。在一些例子中，两相可以是油和水，这样，多相流体大致是没有气体的。当低驱动增益读数从科里奥利流量计获得时，多相流体可以被视为没有气体。例如，0.05或者更小的驱动增益可以被认为是低驱动增益的，其表明多相流体是没有气体的。低驱动增益代表仅包括液体或者仅包括气体的流。此外，或者替代地，来自发送器104的密度读数可以提供关于低驱动增益是否是由于存在纯的液体的指示。例如，大于大约700kg/m^3的密度读数强烈地表明流体是纯的液体，而低于100kg/m^3的密度读数则表明流体是纯的气体，其取决于在密度测量点处的压力情形。

[0099] 多相流体的参数的第一值通过利用来自发送器104的信息进行确定(720)，并且多相流体的参数的第二值通过利用来自液体含量探针230的信息进行确定(725)。参数可以是例如液体密度或者含水率(例如，为水的流的含量或者百分数)。参数的第一值与参数的第二值比较(730)。基于所述比较，确定参数的第一值和参数的第二值是否彼此不一致(735)。如在下面更详细地讨论的，参数的第一值和参数的第二值之间的不一致表明科里奥利发送器104或者液体含量探针230是有故障的，或者表明某些假定的值和预配置的值例如液体密度或者油密度，是错误的。

[0100] 更详细地，在其中驱动增益、密度以及可能的气体信号表明纯的液体混合物的情形下，会在由科里奥利流量计(例如耦合到流管215的发送器104)提供的读数和含水率计(例如液体含量探针230)提供的读物之间存在冗余。例如，对于流动流中没有或者几乎没有气体的情形，基于仅科里奥利流量计读数的含水率的估计δ_{WC}可以确定为如下：

[0101] $$\delta_{wC}=\frac{(\rho_m-\rho_o)}{(\rho_w-\rho_o)}\times 100\%$$ 等式10

[0102] 在等式10中ρ_o是油的密度(假定已知的),ρ_w是水密度(假定已知的)和ρ_m是由科里奥利流量计测量的混合物密度。基于科里奥利流量计读数的含水率的估计值可以与从含水率计获得的读数δ_{wW}(也是百分数的)进行比较。其中显著差异(例如5%)的情形可以代表不一致。

[0103] 在一些实施例中,估计的液体密度基于来自含水率的读数,其是利用:

[0104] $$\rho_{mW}=\frac{\delta_{wW}}{100}*\rho_w+(1-\frac{\delta_{wW}}{100})*\rho_o$$ 等式11

[0105] 混合物(例如,两相液体插嵌物)的科里奥利流量计密度读数ρ_m可以与基于含水率读数从等式11的密度估计ρ_{mW}进行比较。

[0106] 不管比较的参数如何,利用含水率计获得的值和利用科里奥利流量计读数获得的值之间的显著差异可表明在ρ_o的假定值或者ρ_w的假定值中的错误性,或者可以表明科里奥利流量计或者含水率计存在故障。表明这样的错误或者故障的差异量可以例如通过试验予以确定。

[0107] 在一些实施例中,进一步的信息可以用于确定哪个组分贡献于利用来自科里奥利流量计的数据确定的参数的值(例如密度或者含水率)和利用来自含水率计的数据确定的参数的值之间的不一致。例如,在其中含水率计的上蜡或者沙损坏是可能的情形中,含水率计可以被认为是不一致性的最可能的源。在另一例子中,如果科里奥利流量计产生高于水密度的密度读数,特别地如果来自含水率计的读数表明几乎100%含量的水,假定的水密度(ρ_w)可能是错误的。当例如多相流体中的水的盐分非预期地变化时,假定的水密度可以是错误的。类似地,如果科里奥利流量计读取低于油密度的密度(特别地如果这通过来自含水率计的接近0%的读数的加强,从而表明流几乎没有水),并且假定存在与存在气体相反的特别强的证据,这表明假定的油密度ρ_o是错误的。

[0108] 这样的一组读数可以触发警报和/或要求以分别重新配置假定的水密度或者假定的油密度。在一些实施例中,表明错误的假定或者预配置的水或者油的密度的读数的存在可触发或者导致假定的或者预配置的水或者油的密度的自动调整。此外,含水率计不大可能产生在0-100%范围之外的测量值,而含水率的基于科里奥利的计算由于错误的预配置的关于水或者油的密度会落在0%之下或者超过100%。相应地,在科里奥利流量计产生在0-100%范围之外的含水率读数的情形下,与含水率计的比较可以被绕过。这样,基于来自发送器104的数据确定的参数的值(例如密度或者含水率)和基于来自液体含量探针230的数据确定的同一参数的值之间的不一致性的存在可表明设备故障或者某些假定参数的错误。

[0109] 上方讨论的技术可以在仅液体情形下采用,其可以在例如滑撬600的系统的操作过程中零星地发生。为了有助于防止瞬态效应(例如多相流中的液体的突然和短时的增大)而不是实际的仅液体的情形所致的不一致性的假的检测,用于确定是否存在不一致性的数据可以随着时间被跟踪并过滤以消除瞬态效应。例如,从发送器104和液体含量探针230收集的数据可以以例如1秒的测量速率更新。相应地,对于例如100秒的时间段,来自发送器104和液体含量探针230的数据将形成100个点的时间系列(假定每次测量更新成功地完成)。因为来自发送器104和液体含量探针230的数据的时间系列由于瞬态效应可以是无规

律的，时间系列可以通过例如确定时间系列的平均值(平均值)、确定时间系列的标准偏差和/或确定时间系列的最大和最小值而予以过滤。确定时间系列的平均值可消除峰值并保证基于足够长的时间段采集的数据做出判断。例如科里奥利和含水率读数之间的差异的时间系列的标准偏差可以表明多少差异随着时间改变。最小和最大值可以用于判断假定的纯流体密度的错误性。

[0110] 图8示出用于确定通过科里奥利流量计测量的密度和通过利用来自含水率计的读数确定的密度之间的不一致性是否是可归因于含水率探针或者科里奥利流量计的故障。流程800可以在系统例如系统600上执行。流程800可以通过发送器104执行，或者流程800可以通过在流管215和液体含量探针230外部但是与发送器104连通的处理器(例如在流计算机中的处理器)执行。在一些实施例中，流程800的一些部分可以通过发送器104执行，一些部分可以通过位于发送器104外部的处理器执行。位于发送器外部但是与发送器连通的处理器可以是包括在接口模块609中的处理器。

[0111] 测量更新被初始化(805)。值从含水率计读取(810)以及值从科里奥利流量计读取(815)。从含水率计的读取的值包括含水率读数(watercut_W)，其表示多相流体的水的百分数的测量。从科里奥利流量计读取的值包括多相流体的密度(dens_mix)、多相流体的质量流(massflow_mix)和驱动增益(drive_gain)。如果可用，多相流体的压力和温度的值同样可被读取。纯油密度(dens_o)被确定用于当前压力和温度条件，纯水密度(dens_w)被确定用于当前压力和温度条件(820)。纯油密度(dens_o)和纯水密度(dens_w)可称作假定或者配置密度。在一些实施例中，不是从当前压力和温度条件确定纯油密度和纯水密度，这些密度是预置的并且存储在例如处理接口630中。

[0112] 是否有气体存在于多相流体中被确定(825)。气体的存在可以例如基于从科里奥利流量计获得的驱动增益进行确定。如果气体存在，流程800结束并且上面参照图5讨论的三相测量可以执行。如果气体不存在，从科里奥利流量计读取的多相流体的密度(dens_mix)被分析(830)。多相流体的密度与选取来表明多相流体的密度是否表明多相流体是纯气体的预置门限值比较。例如，门限值可以是750kg/m^3，并且如果多相流体的密度低于该门限值，多相流体被视为不是纯液体的并且流程800结束。否则，流体的密度大于或等于该门限值并被假定为纯液体的。多相流体的密度与配置的纯油密度(dens o)比较。如果在视密度的值小于配置的油密度，那么在视密度的值可以被报告、呈现和/或存储在电子存储介质中，并且流程800结束。在一些实施例中，警报被设置以表明配置的纯油密度会是不正确的。如果在视密度的值大于配置的油密度，流程800继续，并且在视密度的值与配置的水密度(dens_w)比较。如果在视密度的值大于配置的水密度，在视密度可以被记录、呈现和/或存储，并且流程800结束。在一些实施例中警报可以被设置来表明配置的水密度会是不正确的。如果流程800还没有结束，那么在视密度的值是在配置的油密度和配置的水密度之间，含水率的估计值可以可靠地获得。

[0113] 计数器(time_gf)增大(835)。计数器的增大表明没有气体的多相流体的另一测量已经发生。计数器提供一定量的时间的数据已经借助于通过科里奥利流量计和含水率计的没有气体的多相流体进行收集的表征。如果充分的时间已经过去(以及由此充分的没有气体的测量已经进行)，密度值基于来自含水率计的含水率读数确定(840)。在一些实施例中，100次测量可以是最小数量的测量，在其它的实施例中，最少10次的测量可以是门限值。基

于含水率读数确定的密度值与从科里奥利流量计获得的密度值比较(845)。该比较可以关于对应计数器的增量的每次测量进行，并且该比较可以是通过科里奥利流量计观察的密度和基于来自含水率计的读数确定的密度之间的百分数差异。百分数差异的平均值和标准偏差可以被确定(850)。

[0114] 通过科里奥利流量计观察的密度和利用来自含水率计的读数确定的密度之间的差异是否可归因于含水率计或者科里奥利流量计中故障被确定(855)。在一些实施例中，两密度之间的平均差异的绝对值大于门限值则表明含水率探针具有误差。门限值可以是例如大约4％。在一些实施例中，如果密度之间的差异的标准偏差大于例如3％的门限值，则误差存在于含水率探针中。

[0115] 其它的实施例落在权利要求的范围内。

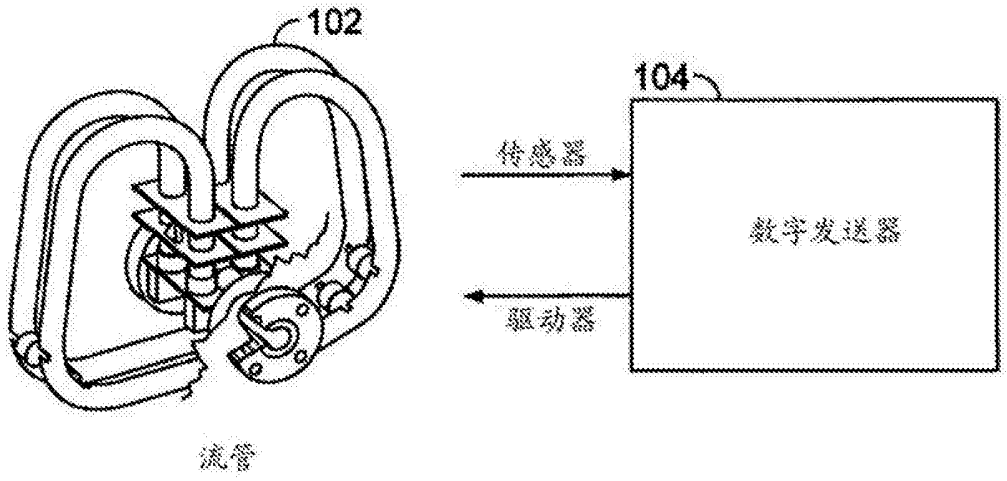


图1A

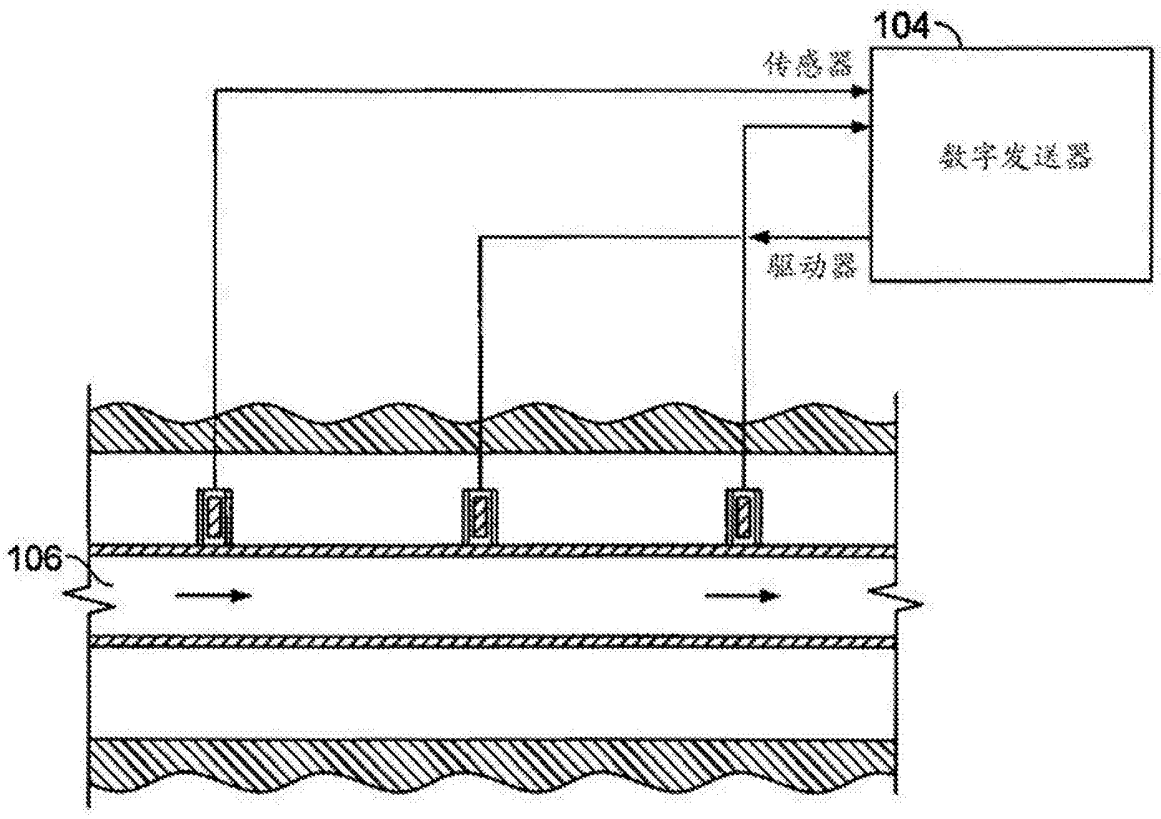


图1B

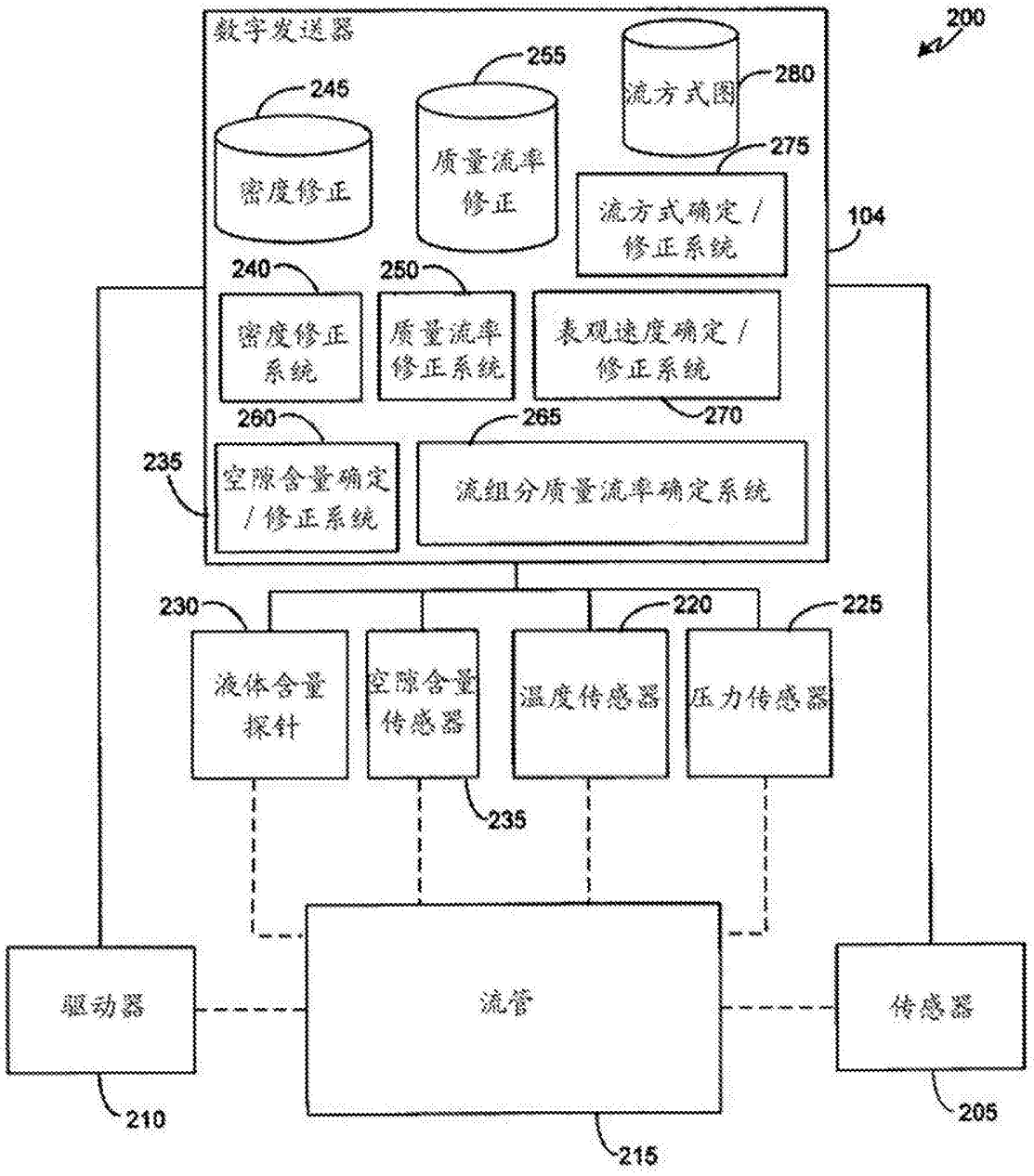

数字发送器
200
245
密度修正
255
质量流率修正
流方式图
280
275
流方式确定/修正系统
104
240
密度修正系统
250
质量流率修正系统
表观速度确定/修正系统
260
空隙含量确定/修正系统
265
流组分质量流率确定系统
270
235
230
流体含量探针
空隙含量传感器
温度传感器
220
压力传感器
225
235
驱动器
流管
传感器
210
215
205

图2

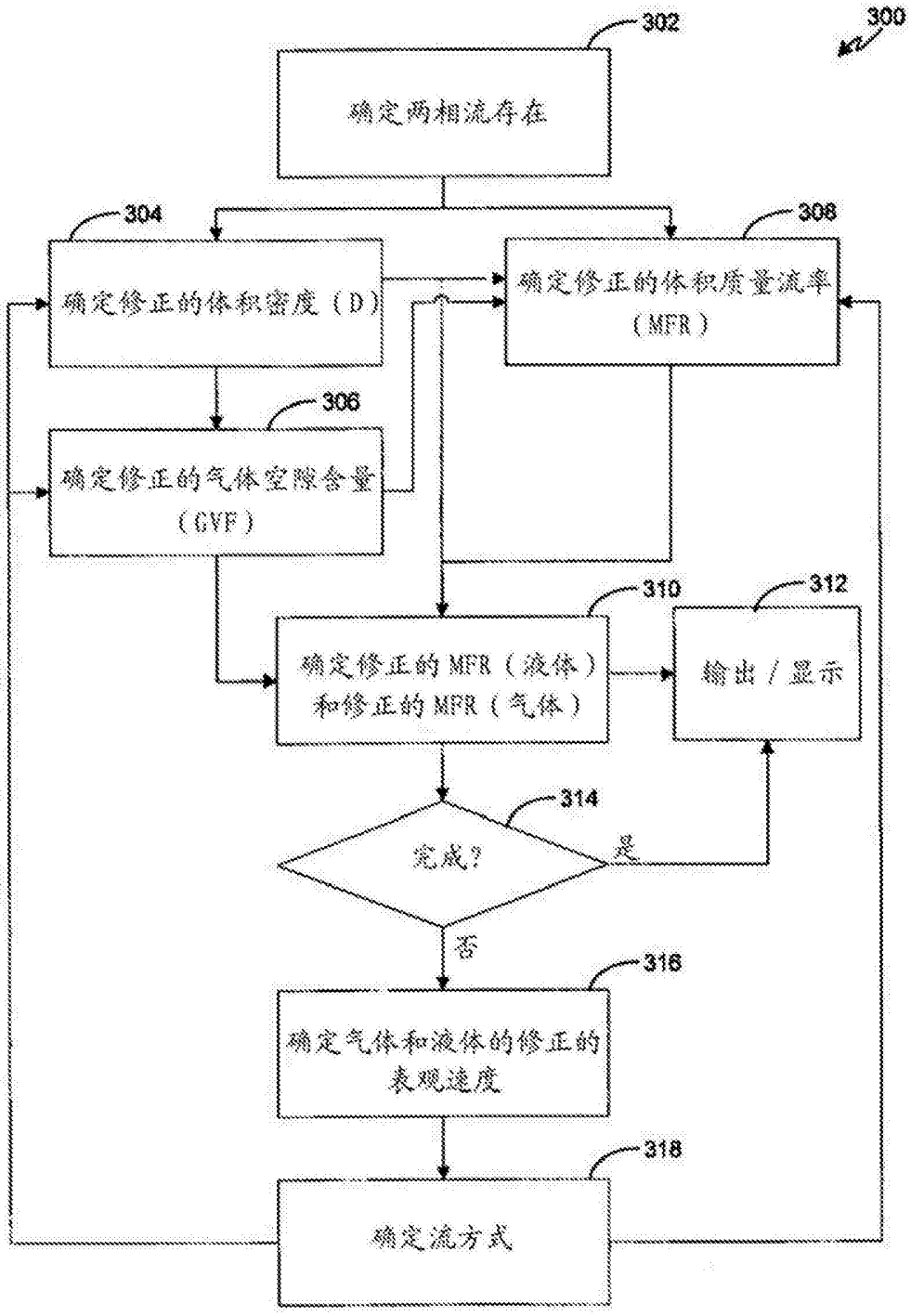

300
302
确定两相流存在
304
确定修正的体积密度（D）
306
确定修正的气体空隙含量（GVF）
308
确定修正的体积质量流率（MFR）
310
确定修正的MFR（液体）和修正的MFR（气体）
312
输出/显示
314
完成?
是
否
316
确定气体和液体的修正的表观速度
318
确定流方式

图3

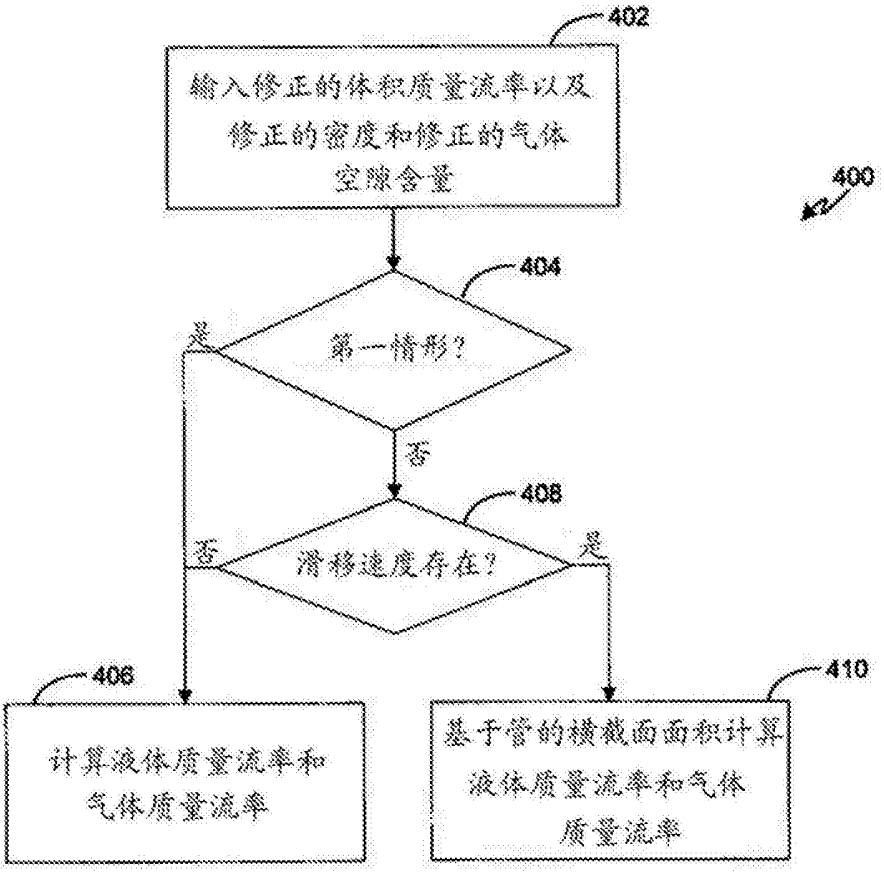

402
输入修正的体积质量流率以及修正的密度和修正的气体空隙含量
400
404
第一情形?
是
否
408
滑移速度存在?
否
是
406
计算液体质量流率和气体质量流率
410
基于管的横截面面积计算液体质量流率和气体质量流率

图4

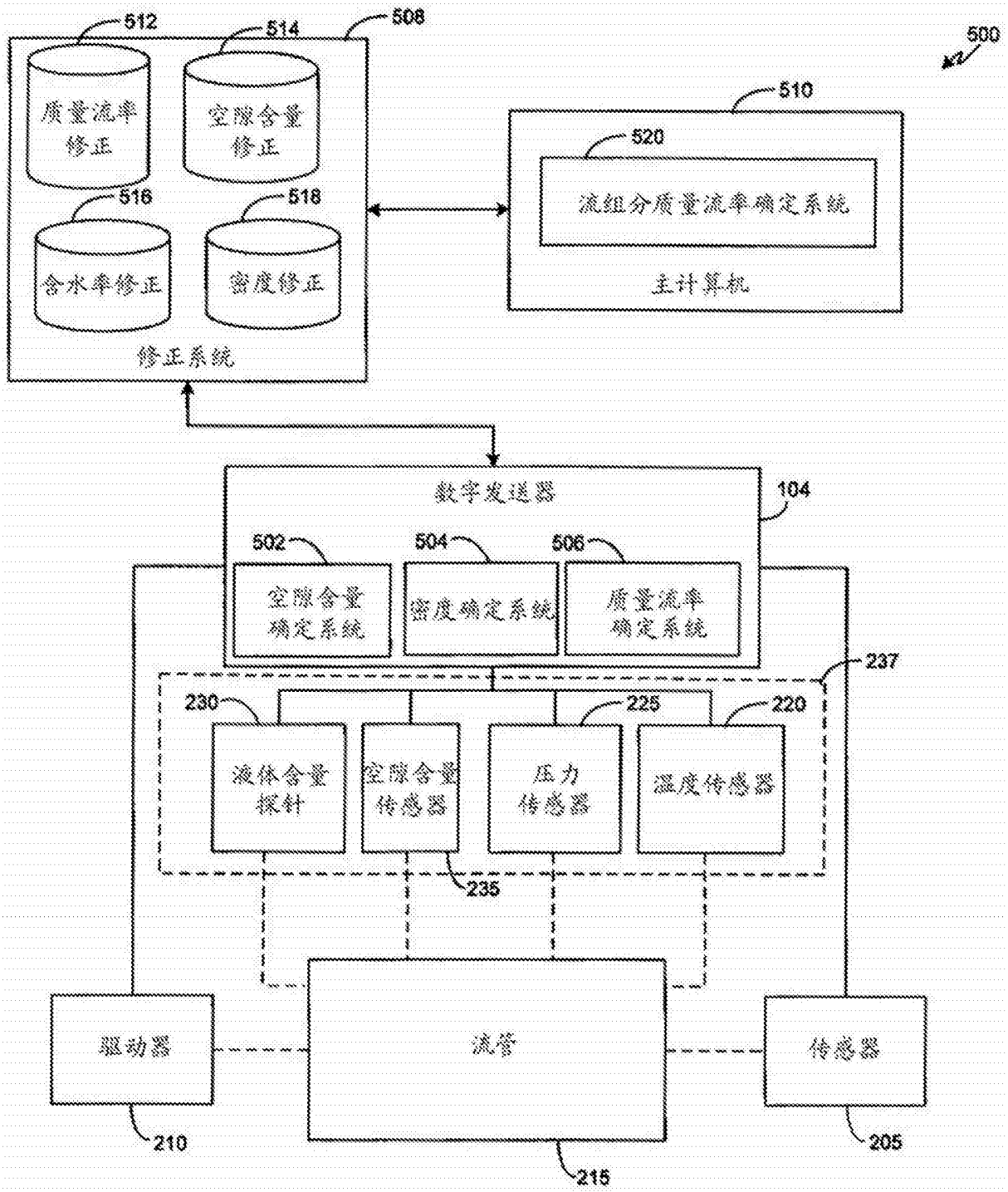

500
512
514
508
质量流率修正
空隙含量修正
516
518
含水率修正
密度修正
修正系统
510
520
流组分质量流率确定系统
主计算机
数字发送器
104
502
504
506
空隙含量确定系统
密度确定系统
质量流率确定系统
237
230
225
220
液体含量探针
空隙含量传感器
压力传感器
温度传感器
235
驱动器
流管
传感器
210
215
205

图5A

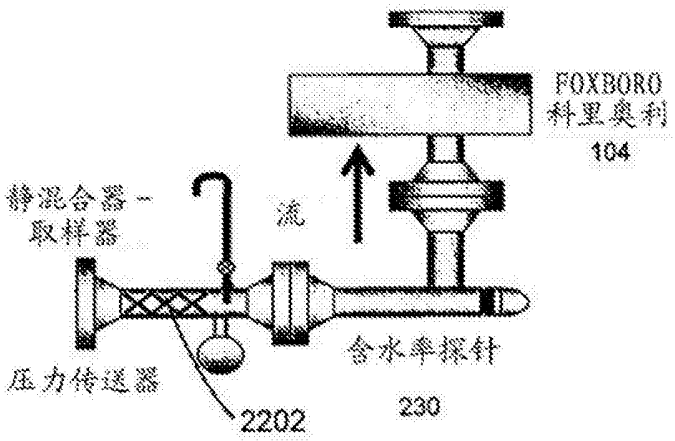


图5B

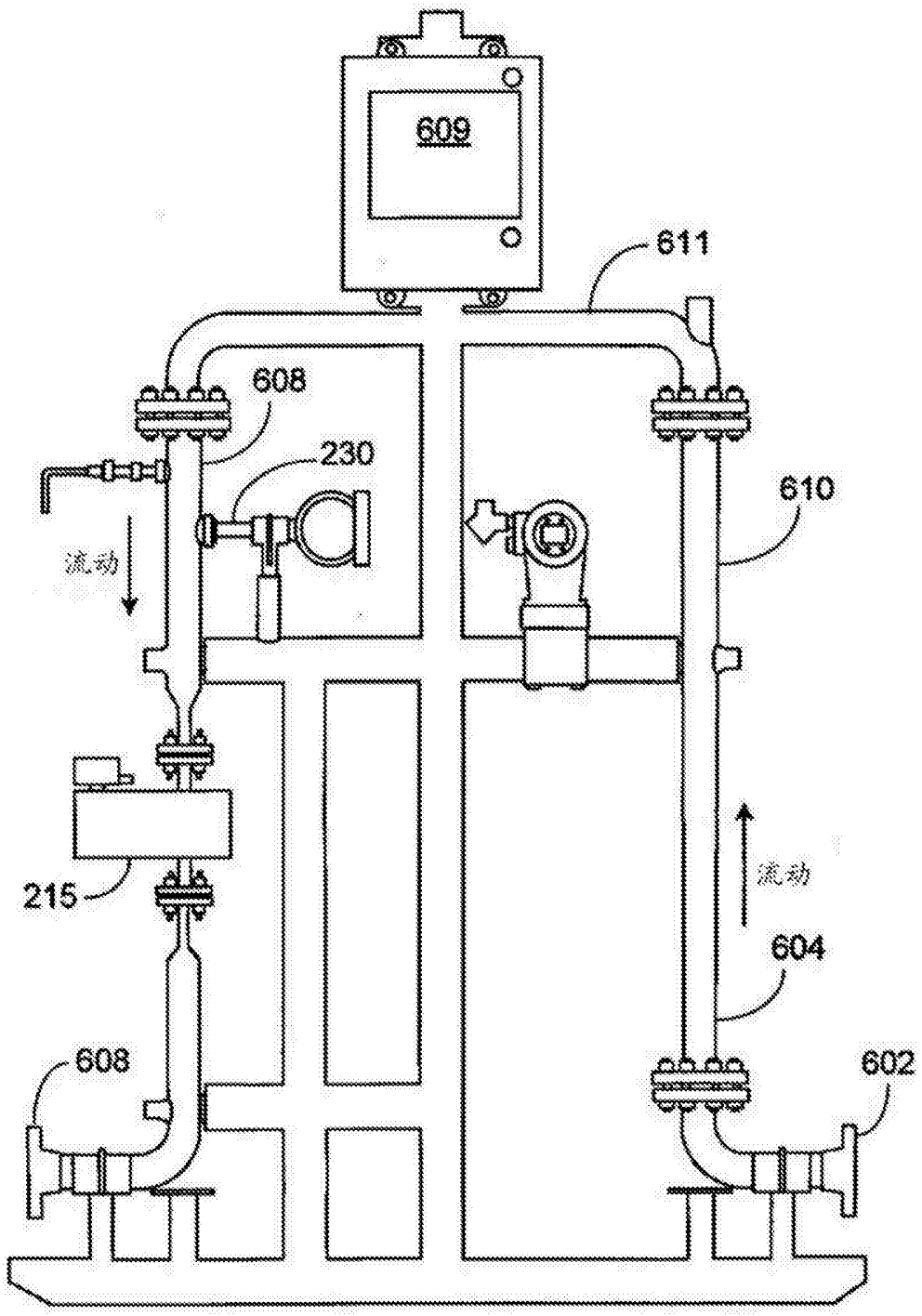


图6

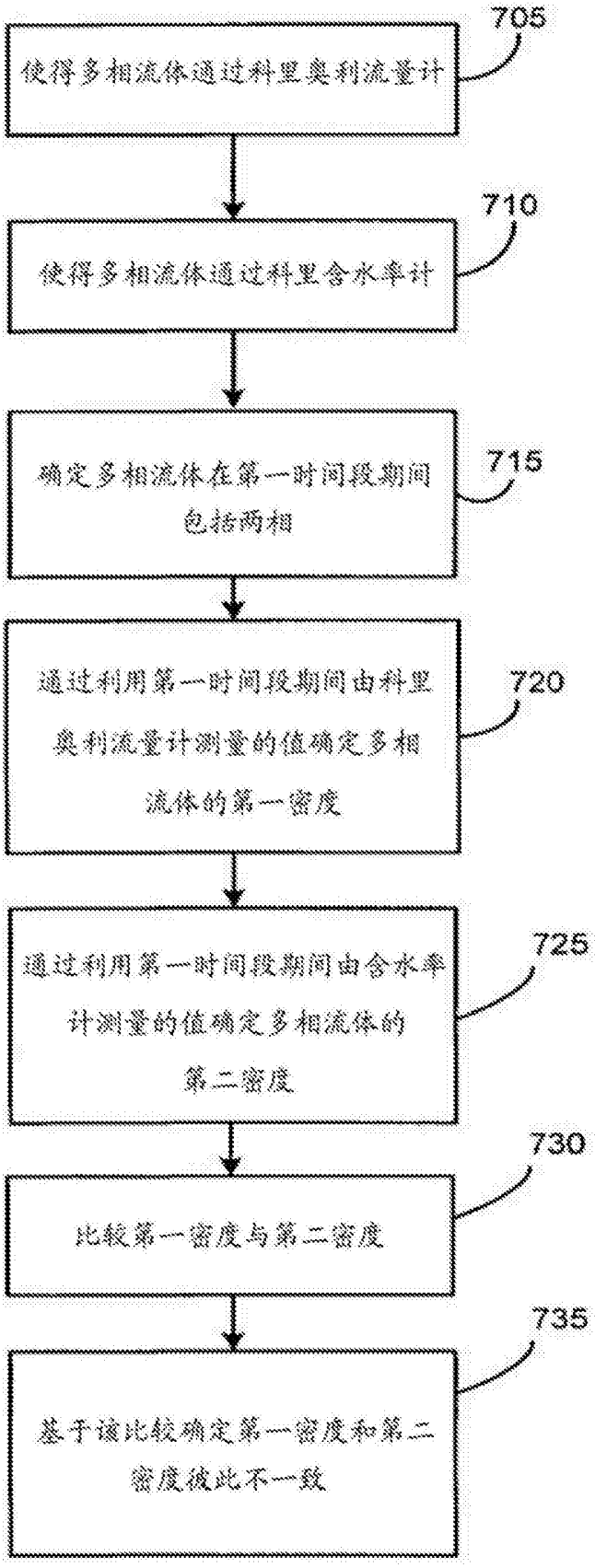

705
使得多相流体通过科里奥利流量计
710
使得多相流体通过科里含水率计
715
确定多相流体在第一时间段期间包括两相
720
通过利用第一时间段期间由科里奥利流量计测量的值确定多相流体的第一密度
725
通过利用第一时间段期间由含水率计测量的值确定多相流体的第二密度
730
比较第一密度与第二密度
735
基于该比较确定第一密度和第二密度彼此不一致

图7

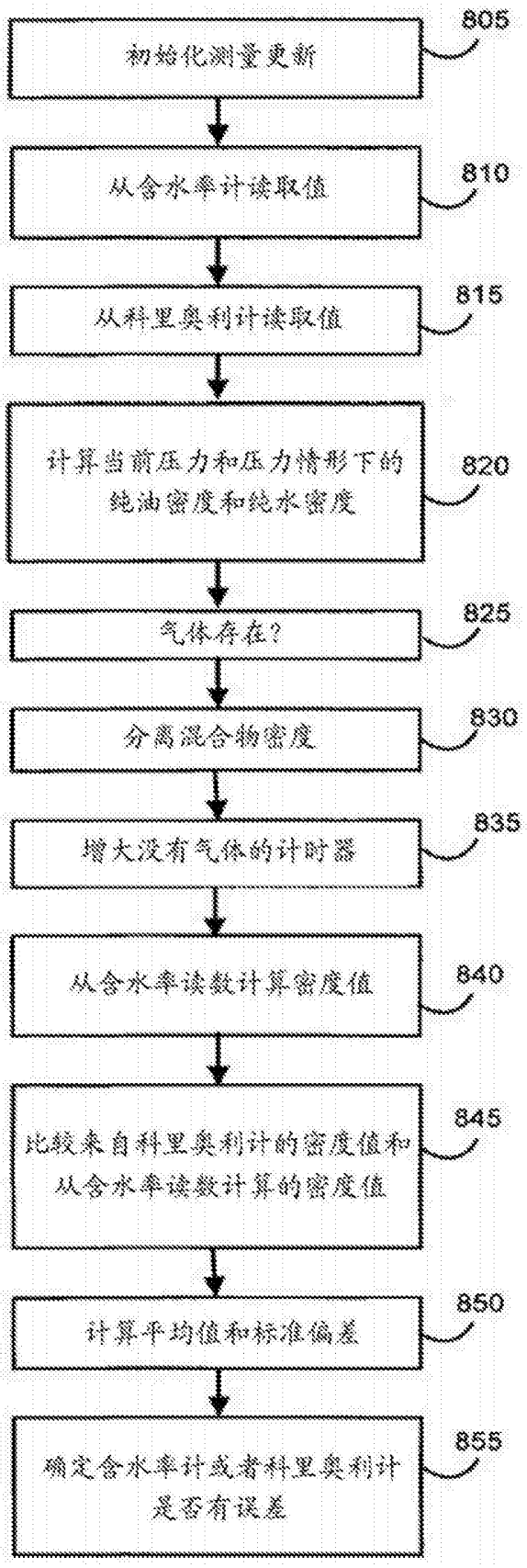

805
初始化测量更新
810
从含水率计读取值
815
从科里奥利计读取值
820
计算当前压力和压力情形下的纯油密度和纯水密度
825
气体存在?
830
分离混合物密度
835
增大没有气体的计时器
840
从含水率读数计算密度值
845
比较来自科里奥利计的密度值和从含水率读数计算的密度值
850
计算平均值和标准偏差
855
确定含水率计或者科里奥利计是否有误差

图8