

一种测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置

技术领域

本发明涉及流体介质浓度测试领域，具体为一种测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置。

背景技术

在现代工业如石油、化工、核电、海洋工程等领域，输运管道被广泛应用于各类流态介质的传输，固液两相流体是上述工业应用中最常见的输送介质。在上述工业过程中，固液两相流体的固相介质浓度的检测对固液两相介质的特性研究和一些生产过程中效率和产量的提高，以及生产全的监测至关重要。

在现有技术中，固液两相流体中的固相介质浓度的检测方式通常采用人工采样检测，即先采样，将固废样品采集到一个敞口耐热容器，然后称重，再将容器放入加热箱中加热，一段时间后，固废中液体挥发完全，再称重，通过计算加热前后质量差可以计算出固液两相的浓度。这种检测方式原理简单，成本低，可以在对固相介质成分分析数据要求不高的情况下进行粗略检测，运用广泛。这种检测方式的主要缺点是自动化程度不高，虽然原理简单，但操作复杂，人工成本高，几乎完全基于人工操作，效率低下；不利于实时监测固液两相介质在流动的动态过程中固相介质浓度的实时变化；并且在固液两相流体中的固相介质浓度较低时，为保证测试精度，需要大量的采样，多样品的逐个测量，工作量大、数据处理繁琐，容易误差积累，测量的准确性难以保证。

发明内容

本发明的目的在于提供一种测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置，以解决上述背景技术中提出技术问题，所述固相介质的浓度被限定为固相介质占固液两相介质的体积百分比即vol.%.为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置，所述装置利用电磁感应的方法产生磁场，被测的固液两相流体切割磁感线，产生感应电动势，通过测量感应电动势间接测量固液两相流体中的固相介质浓度，利用蒸馏水将水性磁流体稀释为 0.1vol.%的浓度，将所述稀释后浓度为 0.1vol.%的水性磁流体作为被测固液两相流体的液相载体与被测固液两相流体混合，所述水性磁流体中的固相的磁性粒子为铁素体。

该装置包括包括第一离心泵，所述第一离心泵的出液口经过第一截止阀连接第一三通；还具有空气压缩机，所述空气压缩机出气口经针阀连接质量流量计，压缩空气的输送管路与

说明书

第一离心泵的介质输送管路相连接；所述第一三通的两端出口的磁性的固液两相流体与经所述质量流量计输出的压缩空气混合后，沿着竖直管道流动，在竖直管道的末端设置有空气分离器，分离空气后的固液两相流体继续向被测的倾斜管道输送，最后经过第二三通再经第二截止阀回到所述第一离心泵的入口；并且连接倾斜管道和第二三通的为另一竖直管道，所述另一竖直管道的末端通过开关阀连接取样容积箱。

其中，被测的倾斜管道外套设有感应线圈组，所述感应线圈组还串联有还原线圈组；所述感应线圈组和所述还原线圈均具有感应线圈和励磁线圈；所述感应线圈组其中一侧的感应线圈分别连接到信号放大器和还原线圈组其中一侧的感应线圈，所述感应线圈组其中另一侧的感应线圈也分别连接到信号放大器和还原线圈组其中另一侧的感应线圈，并且还原线圈组的两侧感应线圈均分别连接到信号放大器；所述信号放大器连接高通滤波器，所述高通滤波器连接模数转换计算机；所述还原线圈组的励磁线圈连接双极电源，所述双极电源连接信号发生器，所述还原线圈组其中一侧的感应线圈连接到所述感应线圈组的励磁线圈。

所述装置的所有管道均为透明管道，便于观察流体介质的流动形态。

所述取样容积箱内容纳工业上输送的固液两相流体，所述工业上输送的固液两相流体即为被测的流体介质。

所述第一三通和第二三通之间还设置有与第一离心泵所在的管路的并联管路，所述并联管路的两侧设置有第三截止阀和第四截止阀，所述第三截止阀和第四截止阀中间设置有第二离心泵。

所述第二离心泵连接清水箱，所述第二离心泵由电机驱动。

所述倾斜管道的倾斜角为 30 度。

压力表和设置在被测的倾斜管道的两端，两个压力表中间连接有压力数据记录仪。

所述感应线圈组与还原线圈组的励磁线圈均采用亥姆霍磁线圈。

模数转换计算机内的模数转换器将瞬时感应电动势转换成数字信号，采样频率是 1000hz，采样数是 5000，模数转换器的规格是电压输入范围是正负 10V，分辨率是 16bit。

测量的理论基础是，倾斜管道内的流体介质切割磁感线所产生的感应电动势 V 与倾斜管道所处的磁场强度 H 、感应线圈的匝数 n 以及倾斜管道内的流体介质的相对磁化强度 M_{mf} 具有如下关系：

$$V = -n \frac{\partial}{\partial t} \iint_S \mu_0 \{H + (1 - q)M_{mf}\} \cdot \hat{n} dS$$

其中 μ_0 为倾斜管道内的流体介质的磁导率， t 为测试数据采样的时间， S 为，倾斜管道与磁感线方向垂直的截面面积。

说明书

本发明的装置测量固液两相流体中的固相介质浓度利用以下步骤：

步骤 1，制备水性磁流体，即利用蒸馏水将水性磁流体稀释为 0.1vol.% 的浓度，将所述稀释后浓度为 0.1vol.% 的水性磁流体作为被测固液两相流体的液相载体与被测固液两相流体混合，所述水性磁流体中的固相的磁性粒子为铁素体；

步骤 2，打开第一截止阀、第二截止阀，关闭第三截止阀、第四截止阀，启动第一离心泵使管道内的介质循环流动，利用第一离心泵在管道内仅循环输送浓度为 0.1vol.% 的水性磁流体，启动空气压缩机，打开针阀，向管道内输送压力气体驱动水性磁流体均匀混合，启动空气分离器分离出气体，通过信号发生器激活双极电源向还原线圈组的励磁线圈输送电流，还原线圈组与感应线圈组串联，使感应线圈组感应磁场，所述感应线圈组其中一侧的感应线圈分别连接到信号放大器和还原线圈组其中一侧的感应线圈，所述感应线圈组其中另一侧的感应线圈也分别连接到信号放大器和还原线圈组其中另一侧的感应线圈，并且还原线圈组的两侧感应线圈均分别连接到信号放大器；所述信号放大器连接高通滤波器，所述高通滤波器连接模数转换计算机；所述还原线圈组其中一侧的感应线圈连接到所述感应线圈组的励磁线圈，通过模数转换计算机读取倾斜管道内的水性磁流体切割磁感线产生感应电动势 $V(q=0)$ ；

步骤 3，在测量装置中放出预定体积的水性磁流体，打开取样容积箱的开关阀将所述预定体积的取样的固液两相流体与 0.1vol.% 的水性磁流体混合后，关闭取样容积箱的开关阀，继续利用空气压缩机，向管道内输送压力气体驱动水性磁流体与取样的被测固液两相流体均匀混合，打开空气分离器，分离出气体，继续通过信号发生器激活双极电源向还原线圈组的励磁线圈输送电流，通过模数转换计算机读取倾斜管道内的水性磁流体与取样的被测固液两相流体混合后的流体介质切割磁感线产生感应电动势 $V(q_{exp})$ ；

步骤 4，放出管道内的所有混合流体介质，关闭开空气分离器，关闭第一截止阀、第二截止阀和第一离心泵，关闭信号发生器和双极电源，打开第三截止阀、第四截止阀，启动第二离心泵抽吸清水在管道清洗干净后，利用空气压缩机向管道内输送干燥的压力气体将管道烘干；

步骤 5，关闭第三截止阀、第四截止阀、第二离心泵，打开第一截止阀、第二截止阀，启动第一离心泵并打开取样容积箱的开关将取样的固液两相流体充满管道，第一离心泵在管道内仅循环驱动取样的被测的固液两相流体，继续利用空气压缩机，向管道内输送压力气体驱动取样的固液两相流体均匀混合，打开空气分离器，分离出气体，通过信号发生器激活双极电源向还原线圈组的励磁线圈输送电流，通过模数转换计算机读取倾斜管道内的取样的被测的固液两相流体切割磁感线产生感应电动势 $V(q=1)$ ；

步骤 6，被测的固液两相流体中固相介质浓度 q 的校正与计算：

$$q = -\frac{1}{\Delta V_{(cal.)}} \cdot V_{rms(exp.)} + 1$$

并且 $\Delta V_{(cal.)} = V_{rms(q=0)} - V_{rms(q=1)}$ ，其中 $V_{rms(q=0)}$ 为步骤 2 中倾斜管道内的仅为水性磁流体时，其切割磁感线产生的多组感应电动势 $V(q=0)$ 值的均方根值；其中 $V_{rms(exp.)}$ 为步骤 3 中倾斜管道内的为水性磁流体与取样的被测固液两相流体混合时，其切割磁感线产生的多组感应电动势 $V(q_{exp})$ 值的均方根值；其中 $V_{rms(q=1)}$ 为步骤 5 中倾斜管道内的仅为取样的被测固液两相流体时，其切割磁感线产生的多组感应电动势 $V(q=1)$ 值的均方根值。

技术本申请提出的技术方案，本发明取得了如下技术效果：

- 1.利用空气压缩机形成气泡驱动固液两相中固相介质与液相介质的快速混合，用以模拟实际工业生产过程中，固液两相介质的流动形态。
- 2.对测量结果进行校准，得到最终的测量结果，准确性高，并且经过试验验证可以实现浓度低于 0.80vol.% 的固相介质的精确测量。
- 3.利用电磁感应的方法产生磁场，被测的工业输送的固液两相流体切割磁感线，产生感应电动势，通过测量感应电动势间接测量固液两相流体中的固相介质浓度，可以实现自动化的实时测试，实时监测固液两相介质在流动的动态过程中固相介质的浓度以及浓度的实时变化。
- 4.采用磁性粒子为铁素体的水性磁流体，对温度的依赖性小，防止了温度的变化引起对测试结果的干扰，提高了测试准确性。
- 5.感应线圈组与还原线圈组串联连接，可以抵抗由感应线圈产生的感应电动势的逆电压，设置了还原线圈组可以提高由磁性流体的磁化引起的感应电动势的检测率。
- 6.感应线圈组与还原线圈组的励磁线圈均采用亥姆霍磁线圈，提高了产生的磁场的均匀性，便于对被测流体介质进行磁化，提高测量的准确性。

附图说明

图 1 是本申请测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置的示意图

图 2 是本申请测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置测量原理中检测感应电动势的原理图

图 3 是本申请测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置测量原理中检测感应电动势的波形图

其中：1-1 为第一离心泵，1-2 为第二离心泵，2.1 为第一截止阀，2.2 为第二截止阀，2.3 为第三截止阀，2.4 为第四截止阀，2.5 为针阀，3.1 为第一三通，3.1 为第二三通，4 为空气压缩机，5 为质量流量计，6 为空气分离器，7.1 为第一压力表，7.2 为第二压力表，8 为压力

数据记录仪，9 为感应线圈组，9.1 为感应线圈，9.2 为励磁线圈，10 为还原线圈组，10.1 为感应线圈，10.2 为励磁线圈，11 为信号放大器，12 为高通滤波器，13 为模数转换计算机，14 为双极电源，15 为信号发生器，16 为取样容积箱。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

如图 1-3 所示，一种测量固液两相流体中的固相介质浓度的装置，所述装置利用电磁感应的方法产生磁场，被测的固液两相流体切割磁感线，产生感应电动势，通过测量感应电动势间接测量固液两相流体中的固相介质浓度，利用蒸馏水将水性磁流体稀释为 0.1vol.% 的浓度，将所述稀释后浓度为 0.1vol.% 的水性磁流体作为被测固液两相流体的液相载体与被测固液两相流体混合，所述水性磁流体中的固相的磁性粒子为铁素体。

该装置包括包括第一离心泵 1-1，所述第一离心泵 1-1 的出液口经过第一截止阀 2.1 连接第一三通 3.1；还具有空气压缩机 4，所述空气压缩机 4 出气口经针阀 2.5 连接质量流量计 5，压缩空气的输送管路与第一离心泵 1 的介质输送管路相连接；所述第一三通 3.1 的左端出口的磁性的固液两相流体与经所述质量流量计 5 输出的压缩空气混合后，沿着竖直管道流动，在竖直管道的末端设置有空气分离器 6，分离空气后的固液两相流体继续向被测的倾斜管道输送，最后经过第二三通 3.2 再经第二截止阀 2.1 回到所述第一离心泵 1-1 的入口；并且连接倾斜管道和第二三通 3.2 的为另一竖直管道，所述另一竖直管道的末端通过开关阀连接取样容积箱 16。

其中，被测的倾斜管道外套设有感应线圈组 9，所述感应线圈组 9 还串联有还原线圈组 10；所述感应线圈组 9 和所述还原线圈 10 均具有感应线圈（9.1、10.1）和励磁线圈（9.2、10.2）；所述感应线圈组 9 其中一侧的感应线圈 9.1 分别连接到信号放大器 11 和还原线圈组 10 其中一侧的感应线圈 10.1，所述感应线圈组 9 其中另一侧的感应线圈 9.1 也分别连接到信号放大器 11 和还原线圈组 10 其中另一侧的感应线圈 10.1，并且还原线圈组 10 的两侧感应线圈 10.1 均分别连接到信号放大器 11；所述信号放大器 11 连接高通滤波器 12，所述高通滤波器 12 连接模数转换计算机 13；所述还原线圈组 10 的励磁线圈 10.2 连接双极电源 14，所述双极电源 14 连接信号发生器 15，所述还原线圈组 10 其中一侧的感应线圈 10.1 连接到所述感应线圈组 9 的励磁线圈 9.2。

所述装置的所有管道均为透明管道，便于观察流体介质的流动形态。

所述取样容积箱 16 内容纳工业上输送的固液两相流体，所述工业上输送的固液两相流体即为被测的流体介质。

所述第一三通 3.1 和第二三通 3.2 之间还设置有与第一离心泵 1-1 所在的管路的并联管路，所述并联管路的两侧设置有第三截止阀 2.3 和第四截止阀 2.4，所述第三截止阀 2.3 和第四截止阀 2.4 中间设置有第二离心泵 1-2。

所述第二离心泵连接清水箱，所述第二离心泵由电机驱动。

所述倾斜管道的倾斜角为 30 度，用于模拟工业上输送的固液两相流体的管道倾斜时，重力对浓度测量的影响。

压力表 7.1 和 7.2 设置在被测的倾斜管道的两端，两个压力表中间连接有压力数据记录仪 8，用于检测和记录倾斜管道内流体介质的流动形态。

所述感应线圈组 9 与还原线圈组 10 的励磁线圈（9.2，10.2）均采用亥姆霍磁线圈。

模数转换计算机内的模数转换器将瞬时感应电动势转换成数字信号，采样频率是 1000hz，采样数是 5000，模数转换器的规格是电压输入范围是正负 10V，分辨率是 16bit。

测量的理论基础是，倾斜管道内的流体介质切割磁感线所产生的感应电动势 V 与倾斜管道所处的磁场强度 H 、感应线圈的匝数 n 以及倾斜管道内的流体介质的相对磁化强度 M_{mf} 具有如下关系：

$$V = -n \frac{\partial}{\partial t} \iint_S \mu_0 \{H + (1 - q) M_{mf}\} \cdot \hat{n} dS$$

其中 μ_0 为倾斜管道内的流体介质的磁导率， t 为测试数据采样的时间， S 为，倾斜管道与磁感线方向垂直的截面面积。

本发明的装置测量固液两相流体中的固相介质浓度利用以下步骤：

步骤 1，制备水性磁流体，即利用蒸馏水将水性磁流体稀释为 0.1vol.% 的浓度，将所述稀释后浓度为 0.1vol.% 的水性磁流体作为被测固液两相流体的液相载体与被测固液两相流体混合，所述水性磁流体中的固相的磁性粒子为铁素体；

步骤 2，打开第一截止阀 2.1、第二截止阀 2.2，关闭第三截止阀 2.3、第四截止阀 2.4，启动第一离心泵 1-1 使管道内的介质循环流动，利用第一离心泵 1-1 在管道内仅循环输送浓度为 0.1vol.% 的水性磁流体，启动空气压缩机 4，打开针阀 2.5，向管道内输送压力气体驱动水性磁流体均匀混合，启动空气分离器 6 分离出气体，通过信号发生器 15 激活双极电源 14 向还原线圈组 10 的励磁线圈 10.2 输送电流，还原线圈组 10 与感应线圈组 9 串联，使感应线圈组 9 感应磁场，所述感应线圈组 9 其中一侧的感应线圈 9.1 分别连接到信号放大器 11 和还

原线圈组 10 其中一侧的感应线圈 10.1，所述感应线圈组 9 其中另一侧的感应线圈 9.1 也分别连接到信号放大器 11 和还原线圈组 10 其中另一侧的感应线圈 10.1，并且还原线圈组 10 的两侧感应线圈 10.1 均分别连接到信号放大器 11；所述信号放大器 11 连接高通滤波器 12，所述高通滤波器 12 连接模数转换计算机 13；所述还原线圈组 10 其中一侧的感应线圈 10.1 连接到所述感应线圈组 9 的励磁线圈 9.2，通过模数转换计算机 13 读取倾斜管道内的水性磁流体切割磁感线产生感应电动势 $V(q=0)$ ；

步骤 3，在测量装置中放出预定体积的水性磁流体，打开取样容积箱 16 的开关阀将所述预定体积的取样的固液两相流体与 0.1vol.% 的水性磁流体混合后，关闭取样容积箱 16 的开关阀，继续利用空气压缩机 4，向管道内输送压力气体驱动水性磁流体与取样的被测固液两相流体均匀混合，打开空气分离器 6，分离出气体，继续通过信号发生器 15 激活双极电源 14 向还原线圈组 10 的励磁线圈 10.2 输送电流，通过模数转换计算机 13 读取倾斜管道内的水性磁流体与取样的被测固液两相流体混合后的流体介质切割磁感线产生感应电动势 $V(q_{exp})$ ；

步骤 4，放出管道内的所有混合流体介质，关闭开空气分离器 6，关闭第一截止阀 2.1、第二截止阀 2.2 和第一离心泵 1-1，关闭信号发生器 15 和双极电源 14，打开第三截止阀 2.3、第四截止阀 2.4，启动第二离心泵 1-2 抽吸清水在管道清洗干净后，利用空气压缩机 4 向管道内输送干燥的压力气体将管道烘干；

步骤 5，关闭第三截止阀 2.3、第四截止阀 2.4、第二离心泵 1-2，打开第一截止阀 2.1、第二截止阀 2.2，启动第一离心泵 1-1 并打开取样容积箱 16 的开关将取样的固液两相流体充满管道，第一离心泵 1-1 在管道内仅循环驱动取样的被测的固液两相流体，继续利用空气压缩机 4，向管道内输送压力气体驱动取样的固液两相流体均匀混合，打开空气分离器 6，分离出气体，通过信号发生器 15 激活双极电源 14 向还原线圈组 10 的励磁线圈 10.2 输送电流，通过模数转换计算机 13 读取倾斜管道内的取样的被测的固液两相流体切割磁感线产生感应电动势 $V(q=1)$ ；

步骤 6，被测的固液两相流体中固相介质浓度 q 的校正与计算：

$$q = -\frac{1}{\Delta V_{(cal.)}} \cdot V_{rms(exp.)} + 1$$

并且 $\Delta V_{(cal.)} = V_{rms(q=0)} - V_{rms(q=1)}$ ，其中 $V_{rms(q=0)}$ 为步骤 2 中倾斜管道内的仅为水性磁流体时，其切割磁感线产生的多组感应电动势 $V(q=0)$ 值的均方根值；其中 $V_{rms(exp)}$ 为步骤 3 中倾斜管道内的为水性磁流体与取样的被测固液两相流体混合时，其切割磁感线产生的多组感应电动势 $V(q_{exp})$ 值的均方根值；其中 $V_{rms(q=1)}$ 为步骤 5 中倾斜管道内的仅为取样的被测固液两相流体时，其切割磁感线产生的多组感应电动势 $V(q=1)$ 值的均方根值。

技术本申请实施例提出的技术方案，本发明取得了如下技术效果：

1.利用空气压缩机形成气泡驱动固液两相中固相介质与液相介质的快速混合，用以模拟实际工业生产过程中，固液两相介质的流动形态。

2.对测量结果进行校准，得到最终的测量结果，准确性高，并且经过试验验证可以实现浓度低于 0.84vol.%的固相介质的精确测量。

3、利用电磁感应的方法产生磁场，被测的工业输送的固液两相流体切割磁感线，产生感应电动势，通过测量感应电动势间接测量固液两相流体中的固相介质浓度，可以实现自动化的实时测试，实时监测固液两相介质在流动的动态过程中固相介质的浓度以及浓度的实时变化。

4、采用磁性粒子为铁素体的水性磁流体，对温度的依赖性小，防止了温度的变化引起对测试结果的干扰，提高了测试准确性。

5、感应线圈组与还原线圈组串联连接，可以抵抗由感应线圈产生的感应电动势的逆电压，设置了还原线圈组可以提高由磁性流体的磁化引起的感应电动势的检测率。

6、感应线圈组与还原线圈组的励磁线圈均采用亥姆霍磁线圈，提高了产生的磁场的均匀性，便于对被测流体介质进行磁化，提高测量的准确性。

最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。