(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106840294 A
(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710231761.1

(22)申请日 2017.04.07

(71)申请人 深圳市联恒星科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市南山区粤海街道科技园北区清华信息港科研楼107H3

(72)发明人 李轶 于培宁 张茂懋

(74)专利代理机构 深圳市深联知识产权代理事务所(普通合伙) 44357
代理人 徐炫

(51)Int.Cl.
G01F 1/88(2006.01)

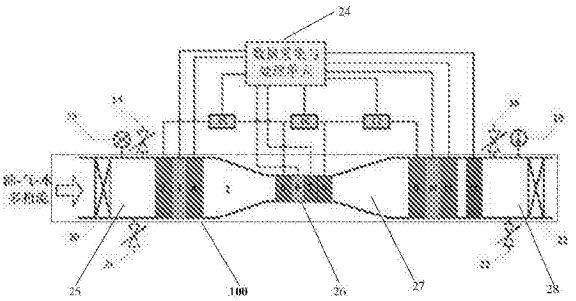
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种多相流计量检测系统

(57)摘要

本发明提供一种多相流计量检测系统，系统包括文丘里管、取压模块、微波传感器模块、电磁层析成像模块以及数据采集与处理单元，文丘里管的上游、喉部以及下游分别设置有上述模块，相邻取压模块之间连接有差压变送器，用以测量不同位置取压模块之间的压力差值；数据采集与处理单元与上述模块以及所述差压变送器电连接，用于采集并处理各功能模块的数据。本发明可同时适用于竖直与水平管道安装，具有结构简单，信号提取稳定，响应频率高等优点，且传感器全部采用模块化设计，易于根据工况调整其位置。



CN 106840294 A

1.一种多相流计量检测系统，其特征在于，所述系统包括文丘里管、取压模块、微波传感器模块、电学层析成像模块以及数据采集与处理单元；所述文丘里管的上游、喉部以及下游分别设置有所述取压模块、所述微波传感器模块、所述电学层析成像模块，相邻所述取压模块之间连接有差压变送器，用以测量不同位置取压模块之间的压力差值；所述数据采集与处理单元与所述取压模块、所述微波传感器模块、所述电学层析成像模块以及所述差压变送器电连接，用于采集并处理各功能模块的数据。

2.根据权利要求1所述的多相流计量检测系统，其特征在于，所述检测系统还包括含水率检测模块，所述含水率检测模块设置在所述文丘里管的下游。

3.根据权利要求1所述的检测系统，其特征在于，所述检测系统还包括设于文丘里管上游的压力变送器，所述压力变送器用于检测文丘里管上游位置处的压力值。

4.根据权利要求3所述的检测系统，其特征在于，所述检测系统还包括设于文丘里管下游的温度变送器，所述温度变送器用于检测文丘里管下游位置处的温度值。

5.根据权利要求1所述的检测系统，其特征在于，所述文丘里管的喉部设有两个取压模块。

6.根据权利要求1所述的检测系统，其特征在于，所述文丘里管的上游管路与喉部之间设有收缩段，喉部与下游管路之间设有扩张段；所述上游管路、所述收缩段、所述喉部、所述扩张段以及所述下游管路之间通过法兰结构连接。

7.根据权利要求6所述的检测系统，其特征在于，上游设置的取压模块与所述收缩段的起始端距离大于等于0.5D；下游设置的取压模块与所述扩张段的末端距离大于等于6D，其中，D为所述上游管路或者所述下游管路的内直径。

8.根据权利要求6所述的检测系统，其特征在于，所述微波传感器模块、所述电学层析成像模块以及所述取压模块均采用法兰结构与所述文丘里管的上游管路、喉部以及下游管路连接。

9.根据权利要求1所述的检测系统，其特征在于，所述文丘里管的上游、下游分别设置有截止阀；所述文丘里管下游的上部、上游的下部分别设置有旁通阀，用于微波传感器模块的静态标定。

10.根据权利要求1所述的检测系统，其特征在于，各功能模块测量的参数满足以下方程式：$-A(\frac{dp}{dx})=W_G\frac{dU_G}{dx}+W_L\frac{dU_L}{dx}+\tau_{GW}S_{GW}+\tau_{LW}S_{LW}+(A_G\rho_G+A_L\rho_L)\sin\theta$，其中，$W_G$为气相质量流量，A为气相流通面积，$A_G$是气相流通面积，$A_L$是液相流通面积，$U_G$为气相真实流速，$\tau_{GW}$为气相与管壁间的剪切应力，$\tau_i$为气相与液膜间的剪切应力，$\tau_{LW}$是液相与管壁间的剪切应力，$S_{GW}$为管道截面上气相与管壁接触的长度，$S_{LW}$是液相与管壁的接触长度，$s_i$为管道截面上气相与液膜接触的长度，角度θ是指管道与水平面间所成的锐角；x是流体的流向长度，dx是流向空间步长；g是重力加速度；ρ是密度，下标(G\L)表示气相或液相。

一种多相流计量检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及油气工业中油-气-水等多相流计量测量设备的技术领域，特别是涉及一种多相流计量检测系统。

背景技术

[0002] 根据中国海洋石油总公司介绍，整个南海盆地群石油地质资源量约在230亿至300亿吨之间，天然气总地质资源量约为16万亿立方米，占中国油气总资源量的三分之一，其中70％蕴藏于153.7万平方公里的深海区域。随着陆上油气剩余资源的不断消耗，工业界对海洋油气开采的需求日益提高，水下多相流计量技术也成为业界关注的焦点。

[0003] 而我国的陆上与海上油气工业中，长期使用传统的计量站对井口产出介质(油-气-水三相)进行分离，再采用单相流量仪表对分离后的介质进行计量。这一做法虽可保证一定计量精度，但其弊端也十分明显。分离计量站的建设不仅费用昂贵，更重要的是一个开采区块一般仅能搭建一个分离计量站，该区块中的众多油气井的产量只能定期轮流进行计量，进而无法满足石油公司对每一口井的产量信息进行实时监测的需求。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种多相流计量检测系统，能够实现对工业现场水平和竖直管道中多相流体介质的实时计量。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明采用的一个技术方案是：提供一种多相流计量检测系统，所述系统包括文丘里管、取压模块、微波传感器模块、电学层析成像模块以及数据采集与处理单元；所述文丘里管的上游、喉部以及下游分别设置有所述取压模块、所述微波传感器模块、所述电学层析成像模块，相邻所述取压模块之间连接有差压变送器，用以测量不同位置取压模块之间的压力差值；所述数据采集与处理单元与所述取压模块、所述微波传感器模块、所述电磁层析成像模块以及所述差压变送器电连接，用于采集并处理各功能模块的数据。

[0006] 其中，所述系统还包括含水率检测模块，所述含水率检测模块设置在所述文丘里管的下游。

[0007] 其中，所述检测系统还包括设于文丘里管上游的压力变送器，所述压力变送器用于检测文丘里管上游位置处的压力值。

[0008] 其中，所述检测系统还包括设于文丘里管下游的温度变送器，所述温度变送器用于检测文丘里管下游位置处的温度值。

[0009] 其中，所述文丘里管的喉部设有两个取压模块。

[0010] 其中，所述文丘里管的上游管路与喉部之间设有收缩段，喉部与下游管路之间设有扩张段；所述上游管路、所述收缩段、所述喉部、所述扩张段以及所述下游管路之间通过法兰结构连接。

[0011] 其中，上游设置的取压模块与所述收缩段的起始端距离大于等于0.5D；下游设置

的取压模块与所述扩张段的末端距离大于等于6D，其中，D为所述上游管路或者所述下游管路的内直径。

[0012] 其中，所述微波传感器模块、所述电磁层析成像模块以及所述取压模块均采用法兰结构与所述文丘里管的上游管路、喉部以及下游管路连接。

[0013] 其中，所述文丘里管的上游、下游分别设置有截止阀；所述文丘里管下游的上部、上游的下部分别设置有旁通阀，用于微波传感器模块的静态标定。

[0014] 其中，各功能模块测量的参数满足以下方程式：$-A(\frac{dp}{dx})=W_G\frac{dU_G}{dx}+W_L\frac{dU_L}{dx}+\tau_{GW}S_{GW}+\tau_{LW}S_{LW}+(A_G\rho_G+A_L\rho_L)\sin\theta$，其中，$W_G$为气相质量流量，A为气相流通面积，$A_G$是气相流通面积，$A_L$是液相流通面积，$U_G$为气相真实流速，$\tau_{GW}$为气相与管壁间的剪切应力，$\tau_i$为气相与液膜间的剪切应力，$\tau_{LW}$是液相与管壁间的剪切应力，$S_{GW}$为管道截面上气相与管壁接触的长度，$S_{LW}$是液相与管壁的接触长度，$s_i$为管道截面上气相与液膜接触的长度，角度θ是指管道与水平面间所成的锐角；x是流体的流向长度，dx是流向空间步长；g是重力加速度；ρ是密度，下标(G\L)表示气相或液相。

[0015] 其中，所述文丘里管的内径在50-250mm之间；喉部与上游管路或者下游管路的直径比在0.4-0.75之间；收缩段的收缩角范围为16-25°；扩张段的扩张角在7-15°之间；喉部的长度范围在300-600mm。

[0016] 本发明的有益效果是：区别于现有技术的情况，本发明提供的多相流计量检测系统，将电学层析成像技术、微波传感技术与文丘里相结合，利用各传感器的信号联合对多相流量进行求解；并将各传感器设计为标准化模块形式，使其在文丘里上的位置可灵活变动，通过调整测量位置对不同流型的多相流动提供精确测量；具有结构简单，信号提取稳定，响应频率高等优点。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1是本发明多相流计量检测系统一优选实施例的结构示意图；以及

[0019] 图2是图1实施例中多相流计量检测系统的工作原理图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和实施例，对本发明作进一步的详细描述。特别指出的是，以下实施例仅用于说明本发明，但不对本发明的范围进行限定。同样的，以下实施例仅为本发明的部分实施例而非全部实施例，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它实施例，都属于本发明保护的范围。

[0021] 请参阅图1，图1是本发明多相流计量检测系统一优选实施例的结构示意图，该检测系统包括但不限于以下结构组成：文丘里管100、取压模块(2、5、8、9)、电学层析成像模块(或者也可以叫作电学传感器检测模块)，包含有电容、电阻、电磁传感器(4、7、11)、微波传

感器模块(3、6、10)以及数据采集与处理单元24。

[0022] 具体而言，文丘里管100包括上游管路25、收缩段1、喉部26、扩张段27以及下游管路28。其中，收缩段1设于上游管路25和喉部26之间，扩张段27设于喉部26和下游管路28之间。上游管路25、收缩段1、喉部26、扩张段27以及下游管路28之间通过法兰结构连接。

[0023] 文丘里管的内径在50-250mm之间；喉部26与上游管路25或者下游管路28的直径比在0.4-0.75之间；收缩段1的收缩角范围为16-25°；扩张段23的扩张角在7-15°之间；喉部的长度范围在300-600mm。

[0024] 文丘里管100的上游、喉部以及下游分别设置有取压模块、微波传感器模块以及电磁层析成像模块。优选地，该取压模块、电学层析成像模块以及微波传感器模块均采用法兰结构与文丘里管的上游管路25、喉部26以及下游管路28连接。需要说明的是，文丘里管100的上游、喉部以及下游分别设置的取压模块、电学层析成像模块以及微波传感器模块的排布形式以及位置关系并不限于图中所示的情况，可以根据需求自由调换位置及排布顺序。也就是说文丘里管喉部26的电学传感器检测模块7，微波传感器模块6以及取压模块(5、8)可相互交换位置，用以选取合适的稳定的取压位置与成像位置。同样，在文丘里的上游与下游的各模块也可互换位置。同时，还可将上游的模块移至下游从而使用信号的相关数据计算流体的流速。

[0025] 相邻取压模块之间连接有差压变送器(15、16、17)，用以测量不同位置取压模块之间的压力差值。数据采集与处理单元24与取压模块(2、5、8、9)、电学层析成像模块(4、7、11)、微波传感器模块(3、6、10)以及差压变送器(15、16、17)电连接，用于采集并处理各功能模块的数据。

[0026] 文丘里管喉部26位置处优选设置两个取压模块(5、8)，且两个取压模块(5、8)之间的间距不小于200mm。优选地，上游设置的取压模块2与收缩段1的起始端距离大于0.5D；下游设置的取压模块9与扩张段27的末端距离大于6D，其中，D为上游管路25或者下游管路28的内直径。

[0027] 其中，作为一种优选的实现方案，本发明的检测系统还可以包括含水率检测模块12，含水率检测模块12设置在文丘里管100的下游28上，通过含水率检测模块12对液相中的含水率进行识别，并可保证含水率变化时能够实时更新积液器中的液体。

[0028] 进一步优选地，该检测系统还包括压力变送器13和温度变送器19，该压力变送器13具体设于文丘里管上游管路25上，用于检测文丘里管上游位置处的压力值。温度变送器19具体设于文丘里管下游管路28上，用于检测文丘里管下游位置处的温度值。通过文丘里管100上游的压力变送器13与文丘里管100下游的温度变送器19测量流体的压力与温度，通过该信息可以计算得到多相流中的气相密度。

[0029] 当油-气-水多相流流经本发明设计的传感系统时，通过文丘里1上游的压力变送器13与文丘里1下游的温度变送器19测量流体的压力与温度，通过该信息可对多相流中的气相密度进行估算。

[0030] 其中，本实施例的检测系统，在文丘里管100的上游、下游分别设置有截止阀(20、23)，文丘里管下游的上部、上游的下部分别设置有旁通阀(14、18、21、22)，用于各类电学传感器检测模块的静态标定。

[0031] 油-气-水多相流经过文丘里管的收缩段1后，油-水两相将在加速作用下形成乳化

液，导致多相流变为环状或段塞型的气-液两相流动。在此状态下，气-液两相的动量微分方程可由式(1)与(2)表示。

[0032] $$-dp_G = \frac{W_G}{A_G}dU_G + \frac{\tau_{GW}S_{GW}}{A_G}dx + \frac{\tau_i S_i}{A_G}dx + g\rho_G dx \bullet \sin\theta \qquad (1)$$

[0033] $$-dp_L = \frac{W_L}{A_L}dU_L + \frac{\tau_{LW}S_{LW}}{A_L}dx - \frac{\tau_i S_i}{A_L}dx + g\rho_L dx \bullet \sin\theta \qquad (2)$$

[0034] 其中，气相密度通过压力变送器13所测的管道压力计算；液相为水和油的混合物，其密度可通过微波与电磁传感器所测量的含水率与含油率获得。由于实际测量中在管道截面上仅有唯一的静压测量值，因此可将液相与气相的静压值视为相等。此时将(1)(2)两式合并后可得：

[0035] $$-A\left(\frac{dp}{dx}\right) = W_G\frac{dU_G}{dx} + W_L\frac{dU_L}{dx} + \tau_{GW}S_{GW} + \tau_{LW}S_{LW} + (A_G\rho_G + A_L\rho_L)\sin\theta \qquad (3)$$

[0036] 其中，W_G为气相质量流量，A为气相流通面积，A_G是气相流通面积，A_L是液相流通面积，U_G为气相真实流速，τ_{GW}为气相与管壁间的剪切应力，τ_i为气相与液膜间的剪切应力，τ_{LW}是液相与管壁间的剪切应力，S_{GW}为管道截面上气相与管壁接触的长度，S_{LW}是液相与管壁的接触长度，S_i为管道截面上气相与液膜接触的长度，角度θ是指管道与水平面间所成的锐角；x是流体的流向长度，dx是流向空间步长；g是重力加速度；ρ是密度，下标(G\L)表示气相或液相。

[0037] 上式中，除了气相与液相质量流量W_G与W_L外，其余参数均可通过为微波传感器模块6、10，电学传感器检测模块7、11的测量信号获得。将上式用来描述喉部以及扩张段的压降，可得到两个关于W_G与W_L独立的方程。同时，使用差压变送器17对加长后的喉部压降进行测量，得到流体在直管中的不可恢复压降；使用差压变送器17对文丘里1扩张段的差压进行测量。求解该方程组即可获得气相流量与液相流量的值。

[0038] 在此基础上，使用喉部的传感模块6、7与文丘里下游的传感模块10、11对液相中的含水率进行检测，即可获得液相中的水流量从而求出油-气-水三相流量。

[0039] 积液器可对流经装置的多相流中的液相(油+水)进行动态收集，当油-气-水多相流中液相较少时，布置在文丘里上的常规传感器将很难对液相中的含水率进行准确辨识。此时通过积液器上布置的含水率检测模块12可对液相中的含水率进行识别，并可保证含水率变化时能够实时更新积液器中的液体。

[0040] 由于石油天然气工业中的流动多相流介质受到地质影响，其液相(混合物)的物理与化学性质(矿化度，介电常数等)将发生变化，因此在介质属性变化剧烈时，需要使用电学传感器对单相介质进行重新标定。通过关闭本装置上的上下游的节流阀可实现整体装置的封闭。打开安装在文丘里上下部的旁通阀，可使其中的介质缓慢排出。此时将加液阀打开并向里加入标定介质，即可完成电学传感器的静态标定。具体计算流程请参阅图2，图2是图1实施例中多相流计量检测系统的工作原理图。

[0041] 不同的流型将在文丘里的收缩段产生不同的压降。本发明通过差压变送器16对文丘里收缩段压降进行测量可得到流体在该部分产生的总压降。通过文丘里上游的传感器集群3、4、5与文丘里收缩段的压降测量16可对多相流的来流情况，进行准确判断从而对流量

计算模型进行有针对性的优化。

[0042] 该实施例中，将电学层析成像技术、微波传感技术与文丘里相结合，利用各传感器的信号联合对多相流量进行求解；并将各传感器设计为标准化模块形式，使其在文丘里上的位置可灵活变动，通过调整测量位置对不同流型的多相流动提供精确测量；具有结构简单，信号提取稳定，响应频率高等优点。

[0043] 本发明可实现对工业现场水平与竖直管道中多相流体介质的实时计量，同时通过安装标定截止阀与旁通阀，实现了计量仪表对流体的在线标定。

[0044] 以上所述仅为本发明的部分实施方式，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

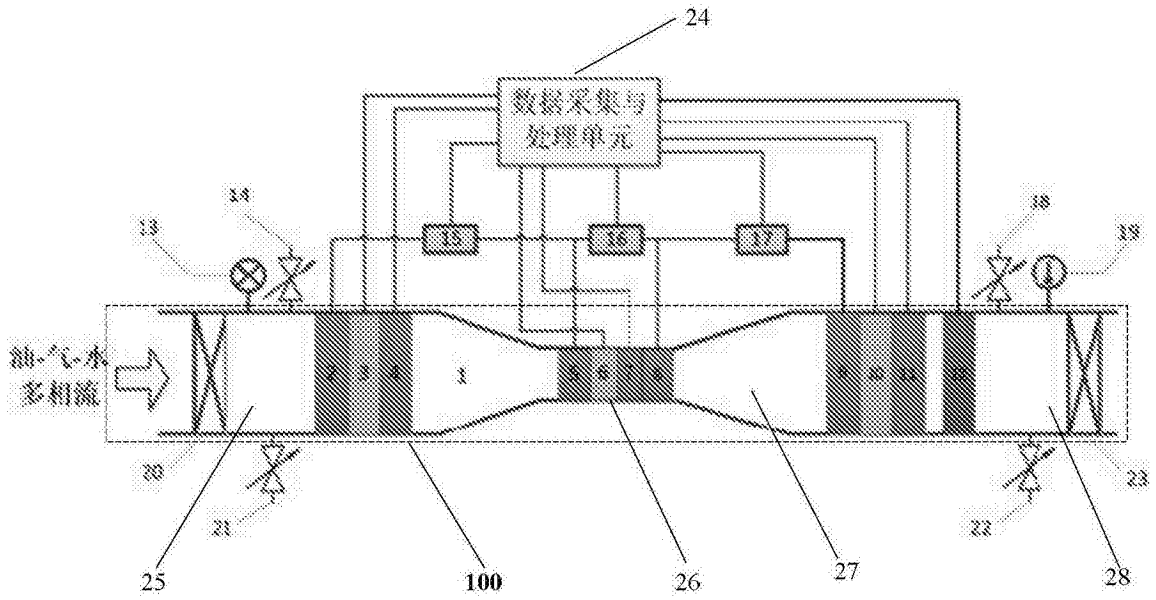

24
数据采集与处理单元
13
14
15
16
17
18
19
油-气-水多相流
20
21
22
23
25
100
26
27
28

图1

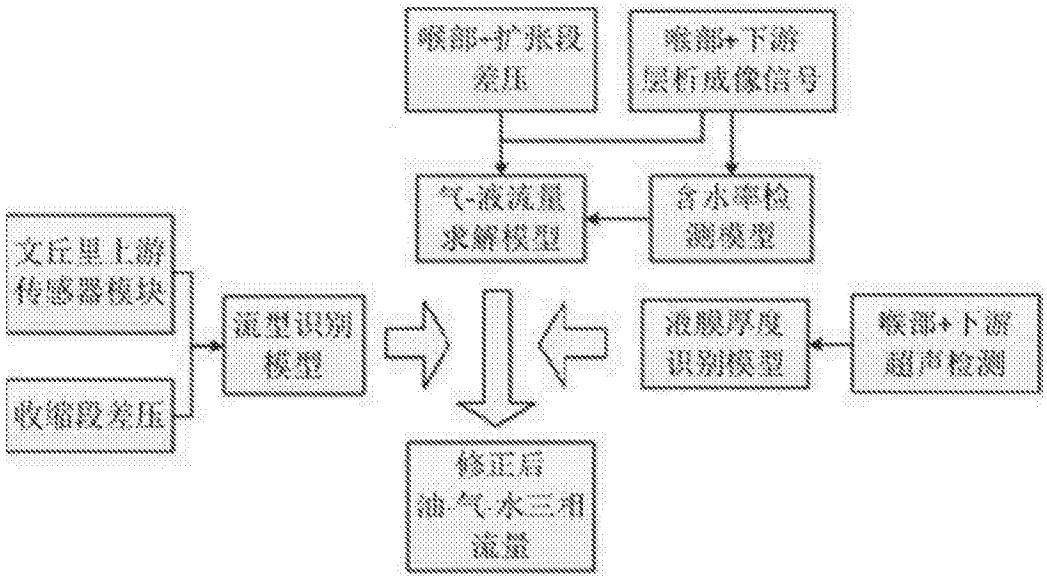

喉部-扩张段差压
喉部+下游层析成像信号
气-液流量求解模型
含水率检测模型
文丘里上游传感器模块
流型识别模型
液膜厚度识别模型
喉部+下游超声检测
收缩段差压
修正后油-气-水三相流量

图2