



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110411521 A

(43)申请公布日 2019.11.05

(21)申请号 201910576074.2

(22)申请日 2019.06.28

(71)申请人 中国石油大学(北京)

地址 102249 北京市昌平区府学路18号

申请人 安徽中控仪表有限公司

(72)发明人 檀朝东 张紫琴 吴浩达 檀朝銮
张倩 魏方方

(74)专利代理机构 合肥中博知信知识产权代理
有限公司 34142

代理人 张加宽

(51)Int.Cl.

G01F 1/34(2006.01)

G01N 33/28(2006.01)

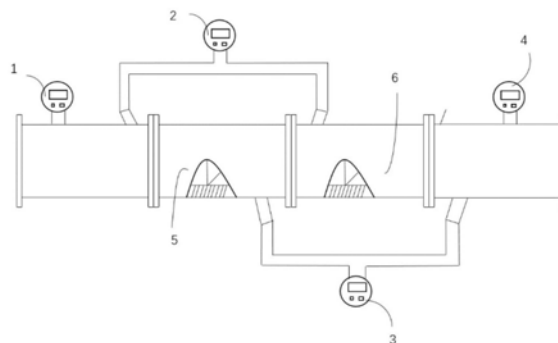
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法

(57)摘要

本发明属于多相流计量技术领域,特别是一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法,包括以下步骤:(1)采集两个喷嘴的瞬时差压值;(2)计算出压差信号波动的标准差;(3)将标准差进行无量纲处理;(4)拟合无量纲参数 Z_1 与含气率和雷诺数相关式;(5)拟合无量纲参数 Z_2 与含气率和弗劳德数的相关式;(6)联立关系式得到含气率与无量纲参数的关系式;(7)通过射频含水仪获得含水率 W ;(8)利用多相流分相模型进行总流量的计算;本发明提供的计量方法,通过加入雷诺数与弗劳德数,考虑了流动的影响,确保了计量精度。



1. 一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 采集两个喷嘴的瞬时差压值 $\Delta P_1, \Delta P_2$;

(2) 压差信号波动的标准差 $\delta P_1, \delta P_2$,可以表示为:

$$\delta P_1 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i1} - \Delta P_{t1})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$\delta P_2 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i2} - \Delta P_{t2})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

其中,n为差压瞬时值采样个数;

ΔP_{t1} 为差压一的时均值, ΔP_{i1} 为差压一瞬时差压值;

ΔP_{t2} 为差压二的时均值, ΔP_{i2} 为差压二瞬时差压值;

(3) 定义无量纲参数 Z_1, Z_2 :

$$Z_1 = \delta P_1 / \Delta P_{t1} \quad (3)$$

$$Z_2 = \delta P_2 / \Delta P_{t2} \quad (4)$$

(4) 拟合无量纲参数 Z_1 与含气率和雷诺数相关式:

$$Z_1 = A \mu^{a1} (Re/10^4)^{b1} \quad (5)$$

其中, μ 为气相体积含率;

Re为液相雷诺数,当管径一定时雷诺数仅为流量的单值函数;

$$Re = \frac{4q_l \rho_l}{\pi \mu_a d_1} \quad (6)$$

其中, ρ_l 为液相密度, q_l 为液相流量, μ_a 为粘度, d_1 为喷嘴一的内径;

(5) 拟合无量纲参数 Z_2 与含气率和弗劳德数的相关式:

$$Z_2 = B \mu^{a2} Fr_1^{b2} \quad (7)$$

$$Fr_1 = \frac{4q_l}{\rho_l \pi d_2^2 \sqrt{g d_2}} \sqrt{\frac{\rho_l}{\rho_l - \rho_g}} \quad (8)$$

其中, ρ_l 液相密度, q_l 为液相流量, d_2 为喷嘴二的内径, ρ_g 为气相密度,g为重力速度;

通过实验数据进行回归确定系数A、B、 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 ;

(6) 将关系式(5)、(7)相乘,整理后可得如下关系式(9),在 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 已知的情况下,求解体积含气率 μ 需迭代求解:

$$\mu = C (Re/10^4)^{\frac{-b_1}{a_1 a_2}} Fr_1^{\frac{-b_1}{a_1 a_2}} z_1^{\frac{1}{a_1 a_2}} z_2^{\frac{1}{a_1 a_2}} \quad (9)$$

(7) 通过射频含水仪测量得到含水率W;

(8) 利用多相流分相模型进行总流量的计算:

$$Q = \frac{C \varepsilon A \sqrt{2 \Delta P_{tp} \rho_g}}{[ax + b(1-x)] \sqrt{1 - \beta^4}} \quad (10)$$

其中:Q为流体的质量流量,单位kg/s;

C为流出系数,无量纲;

ϵ 为被测介质的可膨胀性系数,对于液体 ϵ 等于1,对气体、蒸汽、溶解油等可压缩流体 ϵ 小于1,无量纲;

A为过流面积,由d可得到;

d为工作状况下节流件的等效开孔直径,单位m;

ΔP 为节流差压,单位Pa;

β 为直径比,无量纲, $\beta=d/D$,D为管线直径,单位m;

ρ_l 为工作状况下,节流前上游处液体的密度,单位 kg/m^3 ;

ρ_g 为工作状况下,节流前上游处气体的密度,单位 kg/m^3 ;

x为质量含气率,a,b通过实验数据拟合出来的结果;

(9) x由体积含气率 μ 计算而来:

$$x = \left(1 + \frac{\rho_l}{\rho_g} \frac{1-\mu}{\mu}\right)^{-1} \quad (11)$$

(10) 油气水三相分相流量为:

$$Q_l = Q_a \times x;$$

$$Q_o = Q_a \times (1-x) \times (1-W);$$

$$Q_w = Q_a \times (1-x) \times W;$$

其中,Q为总质量流量,x为质量含气率, Q_l 为液相流量, Q_o 为油相流量,W为含水率, Q_w 为水相流量;

(11) 对两个喷嘴产生的差压分别求解流量,计算平均值作为流量输出结果。

一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法

技术领域

[0001] 本发明属于多相流计量技术领域,特别是一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法。

背景技术

[0002] 在原有的开采过程中,为了解地层油气含量变化,需要对油井产出液中各组分的含率及流量进行连续计量并提供实时计量数据。

[0003] 目前,原油计量方法包括有人工计量和在线计量。人工计量操作简单,但存在取样代表性差、连续性差且耗时等缺点,不能满足油田生产自动化管理的需要;在线计量可以改善油田生产自动化水平,实现实时监测功能,但是目前的产品大多存在适用性差,精度低等问题。

[0004] 差压式多相流计量设备结构简单,可靠性高,技术成熟,成本低且维护方便,在多相流各流型下能够较为稳定的工作。在多相流领域,国内外专家学者利用差压原理计算多相流分相含率做了很多尝试和努力。Murdock、James、Chisholm、Smith、Lin、Steven和Steven and Hall等都对差压式流量计气液两相流的测量模型进行了理论和实验研究,获得了一系列的半经验测量模型,对于混合流量的计量有了很大提高。但这些经验模型适用范围窄,只在各自适用范围内有较好的效果。特别对于小流量,高含气的工况缺乏适应性。多相流计量技术远比单相流的难度大,因此,研究一种油井多相流分相含率在线计量方法及系统,使其满足计量精准,应用范围广且使用成本低,将会是一件十分必要且有意义的工作。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的问题,本发明的目的在于提供一种油井多相流分相含率在线计量方法,该计量方法具有计量精准、应用范围广的优点。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0007] 一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 采集两个喷嘴的瞬时差压值 $\Delta P_1, \Delta P_2$;

[0009] (2) 压差信号波动的标准差 $\delta P_1, \delta P_2$,可以表示为:

$$[0010] \quad \delta P_1 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i1} - \Delta P_{t1})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$[0011] \quad \delta P_2 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i2} - \Delta P_{t2})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

[0012] 其中,n为差压瞬时值采样个数;

[0013] ΔP_{t1} 为差压一的时均值, ΔP_{i1} 为差压一瞬时差压值;

[0014] ΔP_{t2} 为差压二的时均值, ΔP_{i2} 为差压二瞬时差压值;

[0015] (3) 定义无量纲参数 Z_1, Z_2 :

[0016] $Z_1 = \delta P_1 / \Delta P_{t1} \quad (3)$

[0017] $Z_2 = \delta P_2 / \Delta P_{t2} \quad (4)$

[0018] (4) 拟合无量纲参数 Z_1 与含气率和雷诺数相关式:

[0019] $Z_1 = A \mu^{a_1} (Re/10^4)^{b_1} \quad (5)$

[0020] 其中, μ 为气相体积含率;

[0021] Re 为液相雷诺数, 当管径一定时雷诺数仅为流量的单值函数;

[0022]
$$Re = \frac{4q_l \rho_l}{\pi \mu_a d_1} \quad (6)$$

[0023] 其中, ρ_l 为液相密度, q_l 为液相流量, μ_a 为粘度, d_1 为喷嘴一的内径;

[0024] (5) 拟合无量纲参数 Z_2 与含气率和弗劳德数的相关式:

[0025]
$$Z_2 = B \mu^{a_2} Fr_l^{b_2} \quad (7)$$

[0026]
$$Fr_l = \frac{4q_l}{\rho_l \pi d_2^2 \sqrt{g d_2}} \sqrt{\frac{\rho_l}{\rho_l - \rho_g}} \quad (8)$$

[0027] 其中, ρ_l 液相密度, q_l 为液相流量, d_2 为喷嘴二的内径, ρ_g 为气相密度, g 为重力速度;

[0028] 通过实验数据进行回归确定系数 A 、 B 、 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 ;

[0029] (6) 将关系式 (5)、(7) 相乘, 整理后可得如下关系式 (9), 在 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 已知的情况下, 求解体积含气率 μ 需迭代求解:

[0030]
$$\mu = C (Re/10^4)^{\frac{-b_1}{a_1 a_2}} Fr_l^{\frac{-b_2}{a_1 a_2}} Z_1^{\frac{1}{a_1 a_2}} Z_2^{\frac{1}{a_1 a_2}} \quad (9)$$

[0031] (7) 通过射频含水仪测量得到含水率 W ;

[0032] (8) 利用多相流分相模型进行总流量的计算:

[0033]
$$Q = \frac{C \varepsilon A \sqrt{2 \Delta P_{tp} \rho_g}}{[ax + b(1-x)] \sqrt{1 - \beta^4}} \quad (10)$$

[0034] 其中: Q 为流体的质量流量, 单位 kg/s ;

[0035] C 为流出系数, 无量纲;

[0036] ε 为被测介质的可膨胀性系数, 对于液体 ε 等于 1, 对气体、蒸汽、溶解油等可压缩流体 ε 小于 1, 无量纲;

[0037] A 为过流面积, 由 d 可得到;

[0038] d 为工作状况下节流件的等效开孔直径, 单位 m ;

[0039] ΔP 为节流差压, 单位 Pa ;

[0040] β 为直径比, 无量纲, $\beta = d/D$, D 为管线直径, 单位 m ;

[0041] ρ_l 为工作状况下, 节流前上游处液体的密度, 单位 kg/m^3 ;

[0042] ρ_g 为工作状况下, 节流前上游处气体的密度, 单位 kg/m^3 ;

[0043] x 为质量含气率, a , b 通过实验数据拟合出来的结果;

[0044] (9) x 由体积含气率 μ 计算而来:

$$[0045] \quad x = (1 + \frac{\rho_l}{\rho_g} \frac{1-\mu}{\mu})^{-1} \quad (11)$$

[0046] (10) 油气水三相分相流量为:

$$[0047] \quad Q_l = Q_a \times x;$$

$$[0048] \quad Q_o = Q_a \times (1-x) \times (1-W);$$

$$[0049] \quad Q_w = Q_a \times (1-x) \times W;$$

[0050] 其中, Q 为总质量流量, x 为质量含气率, Q_l 为液相流量, Q_o 为油相流量, W 为含水率, Q_w 为水相流量;

[0051] (11) 对两个喷嘴产生的差压分别求解流量, 计算平均值作为流量输出结果。

[0052] 与现有技术相比, 本发明具有以下技术效果:

[0053] 1、本发明提供的基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法, 无需分离装置, 用于在线测量的装置结构简单, 占地面积小, 安装方便; 在具体的计量过程中, 摒弃了传统的伽马射线法算含气率, 减少射线给环境带来的危害;

[0054] 2、本发明提供的在线计量方法中, 通过在拟合压差波动信号特征值与含气率的关系式时, 加入雷诺数和弗劳德数, 考虑了流动的影响, 提高了拟合的精度。

附图说明

[0055] 图1为本发明提供的在线计量油井多相流分相含率的方法示意图;

[0056] 图中标号说明: 1-温压一体化传感器, 2-第一高精度差压计, 3-第二高精度差压计, 4-射频含水仪, 5-第一喷嘴节流件, 6-第二喷嘴节流件。

具体实施方式

[0057] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解, 下面结合具体附图, 进一步阐明本发明。

[0058] 结合图1所示为本发明提供的一种基于双喷嘴的油井多相流分相含率在线计量方法的示意图, 如依次连接的第一喷嘴节流件5和第二喷嘴节流件6, 以及设置在第一喷嘴节流件5两端的第一高精度差压计2, 设置在第二喷嘴节流件6两端的第二高精度差压计3;

[0059] 在第一喷嘴节流件5远离第二喷嘴节流件6的一端设置有温压一体化传感器1;

[0060] 在第二喷嘴节流件6远离第一喷嘴节流件5的一端设置有射频含水仪4。

[0061] 两个喷嘴节流件的内径不同, 其中, 第一喷嘴节流件5的内径为 d_1 , 第二喷嘴节流件6的内径为 d_2 ;

[0062] 多相流分相含率在线计量方法包括以下步骤:

[0063] (1) 采集两个喷嘴的瞬时差压值 ΔP_1 , ΔP_2 , 该瞬时差压值 ΔP_1 , ΔP_2 即分别为第一高精度差压计2、第二高精度差压计3所读出的瞬时数据;

[0064] (2) 分别计算第一喷嘴节流件5和第二喷嘴节流件6产生的压差的标准差, 即压差信号波动的标准差 δP_1 、 δP_2 , 可以表示为:

$$[0065] \quad \delta P_1 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i1} - \Delta P_{t1})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$[0066] \quad \delta P_2 = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{i2} - \Delta P_{t2})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

[0067] 其中,n为差压瞬时值采样个数;

[0068] ΔP_{t1} 为差压一的时均值, ΔP_{i1} 为差压一瞬时差压值;

[0069] ΔP_{t2} 为差压二的时均值, ΔP_{i2} 为差压二瞬时差压值;

[0070] (3) 将标准差进行无量纲处理,即定义无量纲参数 Z_1 、 Z_2 :

$$[0071] \quad Z_1 = \delta P_1 / \Delta P_{t1} \quad (3)$$

$$[0072] \quad Z_2 = \delta P_2 / \Delta P_{t2} \quad (4)$$

[0073] (4) 拟合无量纲参数 Z_1 与含气率和雷诺数相关式:

$$[0074] \quad Z_1 = A \mu^{a1} (Re/10^4)^{b1} \quad (5)$$

[0075] 其中, μ 为气相体积含率;

[0076] Re 为液相雷诺数,当管径一定时雷诺数仅为流量的单值函数;

$$[0077] \quad Re = \frac{4q_l \rho_l}{\pi \mu_a d_1} \quad (6)$$

[0078] 其中, ρ_l 为液相密度, q_l 为液相流量, μ_a 为粘度, d_1 为第一喷嘴节流件5的内径;

[0079] (5) 拟合无量纲参数 Z_2 与含气率和弗劳德数的相关式:

$$[0080] \quad Z_2 = B \mu^{a2} Fr_l^{b2} \quad (7)$$

$$[0081] \quad Fr_l = \frac{4q_l}{\rho_l \pi d_2^2 \sqrt{g d_2}} \sqrt{\frac{\rho_l}{\rho_l - \rho_g}} \quad (8)$$

[0082] 其中, ρ_l 液相密度, q_l 为液相流量, d_2 为第二喷嘴节流件6的内径, ρ_g 为气相密度, g 为重力速度;

[0083] 通过实验数据进行回归确定系数 A 、 B 、 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 ;

[0084] (6) 将关系式(5)、(7)相乘,整理后可得如下关系式(9),在 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 已知的情况下,求解体积含气率 μ 需迭代求解:

$$[0085] \quad \mu = C (Re/10^4)^{\frac{-b_1}{a_1 a_2}} Fr_l^{\frac{-b_2}{a_1 a_2}} Z_1^{\frac{1}{a_1 a_2}} Z_2^{\frac{1}{a_1 a_2}} \quad (9)$$

[0086] (7) 通过射频含水仪测量得到含水率 W ;

[0087] (8) 利用多相流分相模型进行总流量的计算(Bizon模型):

$$[0088] \quad Q = \frac{C \varepsilon A \sqrt{2 \Delta P_{tp} \rho_g}}{[ax + b(1-x)] \sqrt{1 - \beta^4}} \quad (10)$$

[0089] 其中: Q 为流体的质量流量,单位 kg/s ;

[0090] C 为流出系数,无量纲;

[0091] ε 为被测介质的可膨胀性系数,对于液体 ε 等于1,对气体、蒸汽、溶解油等可压缩流体 ε 小于1,无量纲;

[0092] A 为过流面积,由 d 可得到;

[0093] d为工作状况下节流件的等效开孔直径,单位m;

[0094] ΔP 为节流差压,单位Pa;

[0095] β 为直径比,无量纲, $\beta=d/D$,D为管线直径,单位m;

[0096] ρ_l 为工作状况下,节流前上游处液体的密度,单位 kg/m^3 ;

[0097] ρ_g 为工作状况下,节流前上游处气体的密度,单位 kg/m^3 ;

[0098] x为质量含气率,a,b通过实验数据拟合出来的结果;

[0099] (9) x由体积含气率 μ 计算而来:

$$[0100] \quad x = \left(1 + \frac{\rho_l}{\rho_g} \frac{1-\mu}{\mu}\right)^{-1} \quad (11)$$

[0101] (10) 油气水三相分相流量为:

$$[0102] \quad Q_l = Q_a \times x;$$

$$[0103] \quad Q_o = Q_a \times (1-x) \times (1-W);$$

$$[0104] \quad Q_w = Q_a \times (1-x) \times W;$$

[0105] 其中,Q为总质量流量,x为质量含气率, Q_l 为液相流量, Q_o 为油相流量,W为含水率, Q_w 为水相流量;

[0106] (11) 对两个喷嘴产生的差压分别求解流量,计算平均值作为流量输出结果。

[0107] 本发明提供的油井多相流分相含率在线计量方法,通过在设备管道中并列安装两个喷嘴,分别利用两个差压计来测量流体流过两个不同节流比的喷嘴时产生的压差 ΔP_1 , ΔP_2 ,再计算两个喷嘴节流件产生压差的标准差 δP_1 、 δP_2 ,进一步将标准差进行无量纲处理,然后分别拟合其与含气率、雷诺数的相关式,拟合其与含气率、弗劳德数的相关式,联立得到含气率与无量纲参数的关系式,通过射频含水仪测得含水率W,接着利用多相流分相模型进行总流量的计算;该计量方法,在数学模型中加入了雷诺数与弗劳德数,充分的考虑了流动的影响,确保了计量精度。

[0108] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的特点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明的范围内。本发明要求保护的范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

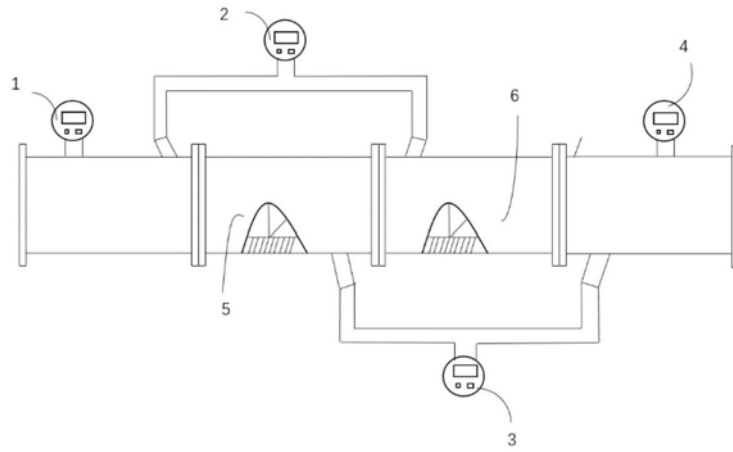


图1