



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103822672 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 28

(21) 申请号 201410045033. 8

(22) 申请日 2014. 02. 07

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 张向文 李东晖 许德禹 吴应湘
李开兴

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

G01F 1/34(2006. 01)

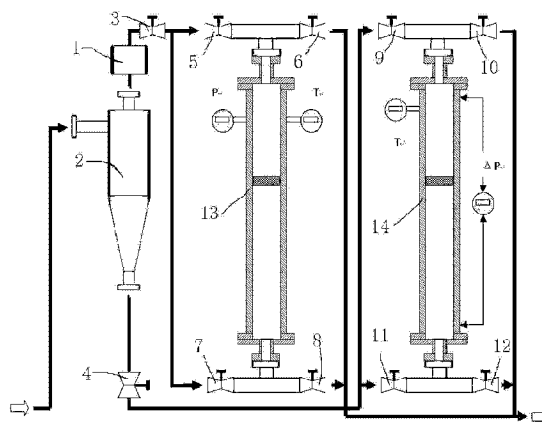
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水
三相流量计及测量方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计,包括气液分离部分、天然气湿气计量部分、油水两相流计量部分;气液分离部分包括旋流器、缓冲罐、疏水阀;天然气湿气计量部分包括定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞;计量管的两头各接两个电磁阀控制进排气换向;计量管上还安装有温度和压力变送器;油水两相流计量部分包括垂直的定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞;计量管的两头各接两个电磁阀控制进排液换向;计量管上还安装有温度和压差变送器。本发明可以实现在线油气水三相流量计量,由于使用了容积型的计量手段,因此具有较高的精度且不含放射线。



1. 一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计,其特征在于:包括气液分离部分、天然气湿气计量部分、油水两相流计量部分;

所述气液分离部分包括旋流器、缓冲罐、疏水阀;所述旋流器将进入的油气水进行气液分离;天然气湿气经过所述缓冲罐进入所述天然气湿气计量部分;油水两相经过所述疏水阀进入所述油水两相流计量部分;

所述天然气湿气计量部分包括定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞;所述计量管的两头各接两个电动阀控制进排气换向,可以控制所述计量管分别实现下进气、上排气计量以及上进气、下排气计量;所述计量管上还安装有温度和压力变送器,实现天然气湿气的体积流量计量;

所述油水两相流计量部分包括垂直的定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞;所述计量管的两头各接两个电动阀控制进排液换向,可以控制所述计量管分别实现下进液、上排液计量以及上进液、下排液计量;所述计量管上还安装有温度和压差变送器,由压差信号实现油水两相含率的计算,进而实现油水两相的各相流量计算,温度信号可以对原油和水在工况温度下的密度进行修正计算。

2. 如权利要求1所述的一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计,其特征在于:

所述活塞和管壁间是滑动紧配合,活塞两侧流体密封。

3. 如权利要求2所述的一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计,其特征在于:

所述天然气湿气计量部分的换向由可编程控制器控制4个电动阀的开闭顺序来控制流动方向,分别实现天然气湿气的下进气、上排气行程和上进气、下排气行程;如此往复循环运动,配合对活塞运动上下止点间的行程计时,即可实现天然气湿气的体积流量的计量。

4. 如权利要求3所述的一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计,其特征在于:

所述油水两相流计量部分的换向由可编程控制器控制4个电动阀的开闭顺序来控制流动方向,分别实现油水混合液的下进液、上排液行程和上进液、下排液行程;如此往复循环运动,配合对所述活塞运动上下止点间的行程计时,即可实现流体的总体积流量的计量。

5. 一种如权利要求1所述的一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计的测量方法,其特征在于,包括如下步骤:

将油气水三相进行气液分离,气液分别进入所述天然气湿气计量部分和所述油水两相流计量部分;

测量柱塞筒容积V、柱塞筒压力 P_1 、柱塞筒温度 T_1 、活塞上下止点间的运动时间t;

在高温、低压,即小于2.5Mpa的工况下按下述公式计算气体流量:

$$F_A = \frac{P_1 V (T_S + 273.15)}{P_S (T_1 + 273.15) t};$$

在压力较大时,即大于2.5Mpa的工况下按下述公式计算气体流量:

$$F_A = \frac{P_1 V (T_S + 273.15)}{Z P_S (T_1 + 273.15) t};$$

其中:标准大气压 $P_S=101.325\text{kPa}$,标准大气压温度 $T_S=0^\circ\text{C}$;

Z 通过方程 $Z^3 - Z^2 - (B^2 + B - A)Z - AB = 0$ 确定, 其中 $A = 0.42748 \frac{P_R}{T_R^{2.5}}$,

$B = 0.084467 \frac{P_R}{T_R}$, $T_R = \frac{T_s}{T_{CR}}$, $P_R = \frac{P_s}{P_{CR}}$, T_{CR} , P_{CR} 分别为气体的临界温度和临界压力,

其值取决于天然气的成分组成;

测量得到所述活塞由下止点到达上止点或由上止点到达下止点用时 t 、差压信号 ΔP 和温度信号 T_L 、20℃时的原油密度 ρ_{20} ;

通过公式 $\rho_{OT} = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha(T_L - 20)}$ 计算此时的原油密度 ρ_{OT} ; 其中, 当 $0.78 \leq \rho_{20} \leq 0.86$ 时: $\alpha = (3.083 - 2.638 \times 10^{-3} \rho_{20}) 10^{-3}$; 当 $0.86 \leq \rho_{20} \leq 0.96$ 时: $\alpha = (2.513 - 1.975 \times 10^{-3} \rho_{20}) 10^{-3}$;

查表得出水在该温度下的密度 ρ_{WT} ;

确定圆柱计量管容积 V , 有效长度为 L ;

通过方程 $\begin{cases} \Delta P = \rho_{OT}gh_O + \rho_{WT}gh_W \\ h_O + h_W = L \end{cases}$ 可以确定出油的等效高度为 h_O 和水的等效高

度为 h_W ;

最终计算出活塞每行程的流量为: 水流量 $F_W = \frac{Vh_W}{3600tL}$; 油流量 $F_O = \frac{Vh_O}{3600tL}$ 。

一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计及测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于原油油井采出液多相流量测量技术领域,涉及一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计及测量方法。

背景技术

[0002] 原油油井采出液主要含有油、天然气、水等介质,它在管道中输送时,不论是油气水三相混输还是油水两相输送或者是天然气湿气输送都是属于典型多相流问题。

[0003] 油气水多相流量计是油田开采的原油在管道中输送时进行油、气、水三相介质流量计量的仪表,可以广泛应用于陆上油田和海上石油工业中。由于多相流动的复杂性,油气水多相流量计的研制有较大的难度,目前存在多种多相流量计的研制技术路线。

[0004] 油气水多相流量计的研究工作始于 1980 年左右,到目前为止有不少研究机构致力于研究开发适用于油井采出液的三相流量计。但由于多相流动的复杂性和应用条件的多变性,使得多相流量计的研究难度很大,至今仍然没有商业化的多相流量计能完全满足工业应用的要求。而且,由于油田油层储量管理和开采技术的发展需要,对水下甚至井下应用的多相流量计的需求也日益迫切。近年来,随着相关研究工作的进展,多相检测的新技术不断出现,这使得未来多相流量计的性能有可能得到很大改善,出现更好的商业化的多相流量计产品。一个理想的多相流量计应具有合理的精度(典型值 $\pm 5\%$ / 每相流体)、可靠、不受流态影响及适用于宽相含率变化范围。目前已经商业化了的三相流量计,其中大多数系统都拥有相密度、相含率和相速度测量部件以利于各相流体的质量流量的测量,但针对油井采出液这种流量和相含率波动范围大和流动复杂的场合,现有技术的应用依然有很大困难。目前多相流量计的有效相含率测量主要依赖放射线技术,但是我国近年来大幅度提高了对放射线的使用监管,不鼓励放射线的使用,同时在放射技术应用的工业领域也对放射线的使用持有相当的戒心,普遍持不欢迎的态度。因此,对于多相流量计的研发思路而言,不含放射线的测量技术是目前的首选。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种油水两相流计量部分不含放射线的、具有合理的精度、可靠、不受流量、流态波动影响及适用于宽相含率变化范围;天然气湿气计量部分能克服天然气中所含少量液滴的雾状流体对天然气湿气流量计量影响的油气水三相流量计。

[0006] 为了解决上述问题,本发明提供一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计,包括气液分离部分、天然气湿气计量部分、油水两相流计量部分;

[0007] 气液分离部分包括旋流器、缓冲罐、疏水阀;旋流器将进入的油气水进行气液分离;天然气湿气经过缓冲罐进入天然气湿气计量部分;油水两相经过疏水阀进入油水两相流计量部分;

[0008] 天然气湿气计量部分包括定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞;计量管

的两头各接两个电动阀控制进排气换向,可以控制计量管分别实现下进气、上排气计量以及上进气、下排气计量;计量管上还安装有温度和压力变送器,实现天然气湿气的体积流量计量;

[0009] 油水两相流计量部分包括垂直的定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞;计量管的两头各接两个电动阀控制进排液换向,可以控制计量管分别实现下进液、上排液计量以及上进液、下排液计量;计量管上还安装有温度和压差变送器,由压差信号实现油水两相含率的计算,进而实现油水两相的各相流量计算,温度信号可以对原油和水在工况温度下的密度进行修正计算。

[0010] 进一步,活塞和管壁间是滑动紧配合,活塞两侧流体密封。

[0011] 进一步,天然气湿气计量部分的换向由可编程控制器控制 4 个电动阀的开闭顺序来控制流动方向,分别实现天然气湿气的下进气、上排气行程和上进气、下排气行程;如此往复循环运动,配合对活塞运动上下止点间的行程计时,即可实现天然气湿气的体积分量的计量。

[0012] 进一步,油水两相流计量部分的换向由可编程控制器控制 4 个电动阀的开闭顺序来控制流动方向,分别实现油水混合液的下进液、上排液行程和上进液、下排液行程;如此往复循环运动,配合对活塞运动上下止点间的行程计时,即可实现流体的总体积分量的计量。

[0013] 本发明还提供一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计的测量方法,包括如下步骤:

[0014] 将油气水三相进行分离,分别进入天然气湿气计量部分和油水两相流计量部分;

[0015] 测量柱塞筒容积 V 、柱塞筒压力 P_1 、柱塞筒温度 T_1 、活塞上下止点间的运动时间 t ;

[0016] 在高温、低压,即小于 2.5Mpa 的工况下按下述公式计算气体流量:

$$[0017] \quad F_A = \frac{P_1 V (T_S + 273.15)}{P_S (T_1 + 273.15) t};$$

[0018] 在压力较大时,即大于 2.5Mpa 的工况下按下述公式计算气体流量:

$$[0019] \quad F_A = \frac{P_1 V (T_S + 273.15)}{Z P_S (T_1 + 273.15) t};$$

[0020] 其中:标准大气压 $P_S = 101.325 \text{ kPa}$,标准大气压温度 $T_S = 0^\circ \text{C}$;

[0021] Z 通过方程 $Z^3 - Z^2 - (B^2 + B - A)Z - AB = 0$ 确定,其中 $A = 0.42748 \frac{P_R}{T_R^{2.5}}$,

$B = 0.084467 \frac{P_R}{T_R}$, $T_R = \frac{T_S}{T_{CR}}$, $P_R = \frac{P_S}{P_{CR}}$, T_{CR} , P_{CR} 分别为气体的临界温度和临界压力,

其值取决于天然气的成分组成;

[0022] 测量得到活塞由下止点到达上止点或由上止点到达下止点用时 t 、差压信号 ΔP 和温度信号 T_L 、 20°C 时的原油密度 ρ_{20} ;

[0023] 通过公式 $\rho_{OT} = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha(T_L - 20)}$ 计算此时的原油密度 ρ_{OT} ;其中,当

$0.78 \leq \rho_{20} \leq 0.86$ 时: $\alpha = (3.083 - 2.638 \times 10^{-3} \rho_{20}) \times 10^{-3}$;当 $0.86 \leq \rho_{20} \leq 0.96$ 时: $\alpha = (2.513 - 1.975 \times 10^{-3} \rho_{20}) \times 10^{-3}$;

[0024] 查表得出水在该温度下的密度 ρ_{WT} ;

[0025] 确定圆柱计量管容积 V , 有效长度为 L ;

[0026] 通过方程
$$\begin{cases} \Delta P = \rho_{OT}gh_O + \rho_{WT}gh_W \\ h_O + h_W = L \end{cases}$$
 可以确定出油的等效高度为 h_O 和水的等效高度为 h_W ;

[0027] 最终计算出活塞每行程的流量为 : 水流量 $F_W = \frac{Vh_W}{3600tL}$; 油流量 $F_O = \frac{Vh_O}{3600tL}$ 。

[0028] 相对于现有技术, 本发明具有下列技术效果 :

[0029] 由于该油气水三相流量计的天然气湿气流量计量部分是基于容积测量的流量计, 能克服天然气中所含少量液滴的雾状流体对天然气湿气流量计量影响, 因而测量过程 and 被测天然气湿气的物性参数和流速、流态等流动参数无关, 测量流量比大不易受流量波动影响, 具有较高的精度 ; 油水两相流计量部分也是基于容积测量的流量计, 因而测量过程 and 被测油水混合液的物性参数和流速、流态等流动参数无关, 具有较高的精度且不含放射线。

附图说明

[0030] 图 1 为本发明实施例的基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计的结构示意图。

[0031] 图 2 为本发明实施例的基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计油水两相流计量部分下进液、上排液行程时的结构示意图。

[0032] 图 3 为本发明实施例的基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计油水两相流计量部分上进液、下排液行程时的结构示意图。

[0033] 图 4 为本发明实施例的基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计天然气湿气流量计量部分下进气、上排气行程时的结构示意图。

[0034] 图 5 为本发明实施例的基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计天然气湿气流量计量部分上进气、下排气行程时的结构示意图。

具体实施方式

[0035] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是, 在不冲突的情况下, 本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0036] 实施例一 :

[0037] 本发明提供了如附图 1 所示的一种基于气液预分离的定容管活塞式油气水三相流量计, 包括气液分离部分、天然气湿气计量部分、油水两相流计量部分 ;

[0038] 气液分离部分包括旋流器 2、缓冲罐 1、疏水阀 4 ; 旋流器 2 将进入的油气水分离 ; 天然气湿气经过缓冲罐 1 进入天然气湿气计量部分 13 ; 油水两相经过疏水阀 4 进入油水两相流计量部分 14 ;

[0039] 天然气湿气计量部分 13 包括采用任意角度安装的定容积的圆柱计量管, 内置可上下移动的活塞 ; 计量管的两头各接两个电动阀控制进排气换向, 可以控制计量管分别实现下进气、上排气计量以及上进气、下排气计量 ; 计量管上还安装有温度和压力变送器, 实现天然气湿气的体积流量计量 ;

[0040] 油水两相流量计部分 14 包括垂直安装的定容积的圆柱计量管, 内置可上下移动的活塞; 计量管的两头各接两个电动阀控制进排液换向, 可以控制计量管分别实现下进液、上排液计量以及上进液、下排液计量; 计量管上还安装有温度和压差变送器, 由压差信号实现油水两相含率的计算, 进而实现油水两相的各相流量计算, 温度信号可以对原油和水在工况温度下的密度进行修正计算。

[0041] 活塞和管壁间是滑动紧配合, 活塞两侧流体密封。

[0042] 天然气湿气计量部分 13 的换向由可编程控制器控制 4 个电动阀的开闭顺序来控制流动方向, 分别实现天然气湿气的下进气、上排气行程和上进气、下排气行程; 如此往复循环运动, 配合对活塞运动上下止点间的行程计时, 即可实现天然气湿气的体积流量的计量。

[0043] 油水两相流量计部分 14 的换向由可编程控制器控制 4 个电动阀的开闭顺序来控制流动方向, 分别实现油水混合液的下进液、上排液行程和上进液、下排液行程; 如此往复循环运动, 配合对活塞运动上下止点间的行程计时, 即可实现流体的总体积流量的计量。

[0044] 下面对各个部分进行详细说明:

[0045] 一、气液分离部分

[0046] 如图 1 所示, 气液分离部分采用水力旋流器 2 进行气液分离。油、水、气三相流进入旋流器 2 后, 在旋流器 2 内强烈旋转, 质量很轻的气体在旋流器 2 内部中心的升力驱动下由上出口排出天然气湿气, 经一个缓冲罐 1 排液和一个调节阀 3 调压后通往活塞式湿气流流量计部分 13 进行湿气计量。旋流器 2 内质量较大的油水混合液体沿旋流器 2 的边壁旋转下落, 由下出口输出油水两相流体, 经一个疏液阀 4 排气后通往活塞式油水两相流量计部分 14 进行油水两相的流量计量, 最后, 经过计量的气、液流体在输出端混合输出。完成油气水的三相计量。

[0047] 二、天然气湿气计量部分

[0048] 1、下进气、上排气行程

[0049] 下进气、上排气行程时的气体流动方向如图 2 中箭头所示:

[0050] 图中黑线通过的阀门打开, 其余的关闭, 即第二阀门 6 和第三阀门 7 打开, 第一阀门 5 和第四阀门 8 关闭。气体由下方进来后, 在压力推动下, 向上推动活塞运动。活塞由下止点到达上止点用时为 t (HOUR), 活塞到达上止点后停止, 位置开关给出停止信号, 这时读取压力信号 P_1 和温度信号 T_1 ; 完成后 PLC 发出换向指令, 电动阀动作, 实现流动换向。

[0051] 2、上进气、下排气行程

[0052] 上进气、下排气行程时的气体流动方向如图 3 中箭头所示:

[0053] 换向后, 图中黑线通过的阀门打开, 其余的关闭, 即第一阀门 5 和第四阀门 8 打开, 第二阀门 6 和第三阀门 7 关闭。气体由上方进来后, 在压力推动下, 向下推动活塞运动。活塞由上止点到达下止点用时为 t (HOUR), 活塞到达下止点后停止, 位置开关给出停止信号, 这时读取压力信号 P_1 和温度信号 T_1 ; 完成后 PLC 发出换向指令, 电动阀动作, 实现流动换向。

[0054] 3、流量计算

[0055] 在高温、低压 (本例中小于 2.5Mpa) 的工况下可以运用理想气体的气态方程计算。

[0056] 柱塞筒容积 V (M^3), 测量仪表测得柱塞筒压力 P_1 (kpa), 测量仪表测得柱塞筒温度

T_1 (°C), 测得的活塞上下止点间的运动时间为 t (HOUR); 标准大气压 $P_s=101.325\text{kpa}$, 标准大气压温度 $T_s=0^\circ\text{C}$, 常数 $R=8.31$, 标准大气压时的气体体积为 V_s (M^3)。

[0057] 理想气体气态方程: $PV = NRT$

[0058] 气体质量: $N = \frac{PV}{RT}$

[0059] 换算成标准大气压下的柱塞气体体积时质量不变:

[0060]
$$\frac{P_1 V}{R (T_1 + 273.15)} = \frac{P_s V_s}{R (T_s + 273.15)}$$

[0061] 标准大气压下体积:

[0062]
$$V_s = \frac{P_1 V (T_s + 273.15)}{P_s (T_1 + 273.15)}$$

[0063] 气体流量: $F_A = \frac{V_s}{t}$

[0064]
$$F_A = \frac{P_1 V (T_s + 273.15)}{P_s (T_1 + 273.15) t} \quad (\text{M}^3/\text{H})$$

[0065] 当管道内天然气压力较大时, 天然气不再遵守理想气体状态方程, 此时引入压缩

系数 Z $Z = \frac{PV}{NRT}$

[0066] 理想气体时 $Z=1$, 对于实际气体, 压力较小时 $Z<1$, 压力较大时 $Z>1$ 。

[0067] 根据对应状态理论, 在相同对应状态下的气体对理想气体状态的偏离程度相同, 即有相同的压缩系数, 对应状态是指气体在相同的对比温度 T_R 和对比压力 P_R 下

[0068] $T_R = \frac{T_s}{T_{CR}}, P_R = \frac{P_s}{P_{CR}}$

[0069] 式中 T_{CR} (K), P_{CR} (Mpa) 分别为气体的临界温度和临界压力, 其值取决于天然气的成分组成。

[0070] 压缩系数 Z 的大小仅取决于 T_R 和 P_R , 即 $Z = f(T_R, P_R)$

[0071] 利用对比 Redlich-Kwong 普遍化方程求解 Z

[0072] $Z^3 - Z^2 - (B^2 + B - A)Z - AB = 0$

[0073] 其中 $A = 0.42748 \frac{P_R}{T_R^{2.5}}, B = 0.084467 \frac{P_R}{T_R}$

[0074] 气体流量: $F_A = \frac{P_1 V (T_s + 273.15)}{Z P_s (T_1 + 273.15) t} \quad (\text{M}^3/\text{H})$

[0075] 三、油水两相流计量部分

[0076] 1、下进液、上排液行程

[0077] 下进液、上排液行程时的流体流动方向如图 4 中箭头所示:

[0078] 图中黑线通过的阀门打开, 其余的关闭, 即第六阀门 10 和第七阀门 11 打开, 第五阀门 9 和第八阀门 12 关闭。液体由下方进来后, 在压力推动下, 向上推动活塞运动。活塞由下止点到达上止点用时为 t , 活塞到达上止点后停止, 位置开关给出停止信号, 这时读取

差压信号 ΔP 和温度信号 T_L ; 完成后 PLC 发出换向指令, 电动阀动作, 实现流动换向。

[0079] 2、上进液、下排液行程

[0080] 上进液、下排液行程时的流体流动方向如图 5 中箭头所示:

[0081] 换向后, 图中黑线通过的阀门打开, 其余的关闭, 即第五阀门 9 和第八阀门 12 打开, 第六阀门 10 和第七阀门 11 关闭。液体由上方进来后, 在压力推动下, 向下推动活塞运动。活塞由上止点到达下止点用时为 t , 活塞到达下止点后停止, 位置开关给出停止信号, 这时读取差压信号 ΔP 和温度信号 T_L ; 完成后 PLC 发出换向指令, 电动阀动作, 实现流动换向。

[0082] 3、流量计算

[0083] (1) 脱气原油密度计算

[0084] 通过实验室测量 20℃ 时的原油密度 $\rho_{20}(\text{Kg}/\text{m}^3)$, 柱塞筒内液体温度 $T_L(^\circ\text{C})$, 此时的原油密度 $\rho_{OT}(\text{Kg}/\text{m}^3)$;

[0085] 当原油温度为 20 — 120℃ 时:

$$[0086] \quad \rho_{OT} = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha (T_L - 20)}$$

[0087] 当 $0.78 \leq \rho_{20} \leq 0.86$ 时:

$$[0088] \quad \alpha = (3.083 - 3.638 \times 10^{-3} \rho_{20}) 10^{-3}$$

[0089] 当 $0.86 \leq \rho_{20} \leq 0.96$ 时:

$$[0090] \quad \alpha = (2.513 - 1.975 \times 10^{-3} \rho_{20}) 10^{-3}$$

[0091] (2) 水的密度和温度关系

[0092] 水的密度和温度的关系非单调变化, 难以用一个函数简单表示, 可以查表得出水的密度 $\rho_{WT}(\text{Kg}/\text{m}^3)$

[0093] 水在各种温度下的密度对照表

[0094]

$t(^\circ\text{C})$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	999.840	999.846	999.853	999.859	999.865	999.871	999.877	999.883	999.888	999.893
1	999.898	999.904	999.908	999.913	999.917	999.921	999.925	999.929	999.933	999.937
2	999.940	999.943	999.946	999.949	999.952	999.954	999.956	999.959	999.961	999.962
3	999.964	999.966	999.967	999.968	999.969	999.970	999.971	999.971	999.972	999.972
4	999.972	999.972	999.972	999.971	999.971	999.970	999.969	999.968	999.967	999.965
5	999.964	999.962	999.960	999.958	999.956	999.954	999.951	999.949	999.946	999.943
6	999.940	999.937	999.934	999.930	999.926	999.923	999.919	999.915	999.910	999.906
7	999.901	999.897	999.892	999.887	999.882	999.877	999.871	999.866	999.880	999.854

[0095]

8	999.848	999.842	999.836	999.829	999.823	999.816	999.809	999.802	999.795	999.788
9	999.781	999.773	999.765	999.758	999.750	999.742	999.734	999.725	999.717	999.708
10	999.699	999.691	999.682	999.672	999.663	999.654	999.644	999.634	999.625	999.615
11	999.605	999.595	999.584	999.574	999.563	999.553	999.542	999.531	999.520	999.508
12	999.497	999.486	999.474	999.462	999.450	999.439	999.426	999.414	999.402	999.389
13	999.377	999.384	999.351	999.338	999.325	999.312	999.299	999.285	999.271	999.258
14	999.244	999.230	999.216	999.202	999.187	999.173	999.158	999.144	999.129	999.114
15	999.099	999.084	999.069	999.053	999.038	999.022	999.006	998.991	998.975	998.959
16	998.943	998.926	998.910	998.893	998.876	998.860	998.843	998.826	998.809	998.792
17	998.774	998.757	998.739	998.722	998.704	998.686	998.668	998.650	998.632	998.613
18	998.595	998.576	998.557	998.539	998.520	998.501	998.482	998.463	998.443	998.424
19	998.404	998.385	998.365	998.345	998.325	998.305	998.285	998.265	998.244	998.224
20	998.203	998.182	998.162	998.141	998.120	998.099	998.077	998.056	998.035	998.013
21	997.991	997.970	997.948	997.926	997.904	997.882	997.859	997.837	997.815	997.792
22	997.769	997.747	997.724	997.701	997.678	997.655	997.631	997.608	997.584	997.561
23	997.537	997.513	997.490	997.466	997.442	997.417	997.393	997.396	997.344	997.320
24	997.295	997.270	997.246	997.221	997.195	997.170	997.145	997.120	997.094	997.069
25	997.043	997.018	996.992	996.966	996.940	996.914	996.888	996.861	996.835	996.809
26	996.782	996.755	996.729	996.702	996.675	996.648	996.621	996.594	996.566	996.539
27	996.511	996.484	996.456	996.428	996.401	996.373	996.344	996.316	996.288	996.260
28	996.231	996.203	996.174	996.146	996.117	996.088	996.059	996.030	996.001	996.972
29	995.943	995.913	995.884	995.854	995.825	995.795	995.765	995.753	995.705	995.675
30	995.645	995.615	995.584	995.554	995.523	995.493	995.462	995.431	995.401	995.370
31	995.339	995.307	995.276	995.245	995.214	995.182	995.151	995.119	995.087	995.055
32	995.024	994.992	994.960	994.927	994.895	994.863	994.831	994.798	994.766	994.733
33	994.700	994.667	994.635	994.602	994.569	994.535	994.502	994.469	994.436	994.402
34	994.369	994.335	994.301	994.267	994.234	994.200	994.166	994.132	994.098	994.063
35	994.029	993.994	993.960	993.925	993.891	993.856	993.821	993.786	993.751	993.716
36	993.681	993.646	993.610	993.575	993.540	993.504	993.469	993.433	993.397	993.361
37	993.325	993.280	993.253	993.217	993.181	993.144	993.108	993.072	993.035	992.999
38	992.962	992.925	992.888	992.851	992.814	992.777	992.740	992.703	992.665	992.628
39	992.591	992.553	992.516	992.478	992.440	992.402	992.364	992.326	992.288	992.250
40	992.212	991.826	991.432	991.031	990.623	990.208	989.786	987.358	988.922	988.479
50	988.030	987.575	987.113	986.644	986.169	985.688	985.201	984.707	984.208	983.702
60	983.191	982.673	982.150	981.621	981.086	980.546	979.999	979.448	978.890	978.327
70	977.75 9	977.185	976.606	976.022	975.432	974.837	974.237	973.632	973.021	972.405
80	971.785	971.159	970.528	969.892	969.252	968.606	967.955	967.300	966.639	965.974
90	965.304	964.630	963.950	963.266	962.577	961.883	961.185	960.482	959.774	959.062
100	958.345									

[0096] (3)、水和油流量计算

[0097] 设圆柱计量管上差压变送器测量的差压值为 ΔP (10^{-1} MPa), 此温度下油的密度为 ρ_{OT} (Kg/m^3), 水的密度 ρ_{WT} (Kg/m^3), 油的等效高度为 h_o (M), 水的等效高度为 h_w (M), 圆柱计量管容积 V (m^3), 有效长度为 L (M), 测得的活塞上下止点间的运动时间为 t (S), 油流量 F_o , 水流量为 F_w , 则有方程:

$$[0098] \quad \begin{cases} \Delta P = \rho_{OT}gh_o + \rho_{WT}gh_w \\ h_o + h_w = L \end{cases}$$

[0099] 活塞每行程的流量为：

$$[0100] \quad \text{水流量 } F_W = \frac{V_{hw}}{3600tL} \quad (m^3/h)$$

$$[0101] \quad \text{油流量 } F_O = \frac{V_{ho}}{3600tL} \quad (m^3/h)$$

[0102] 由于该活塞式油水两相流量计是基于容积测量的流量计，因而测量过程和被测油水混合液的物性参数和流速、流态等流动参数无关，具有较高的精度。

[0103] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

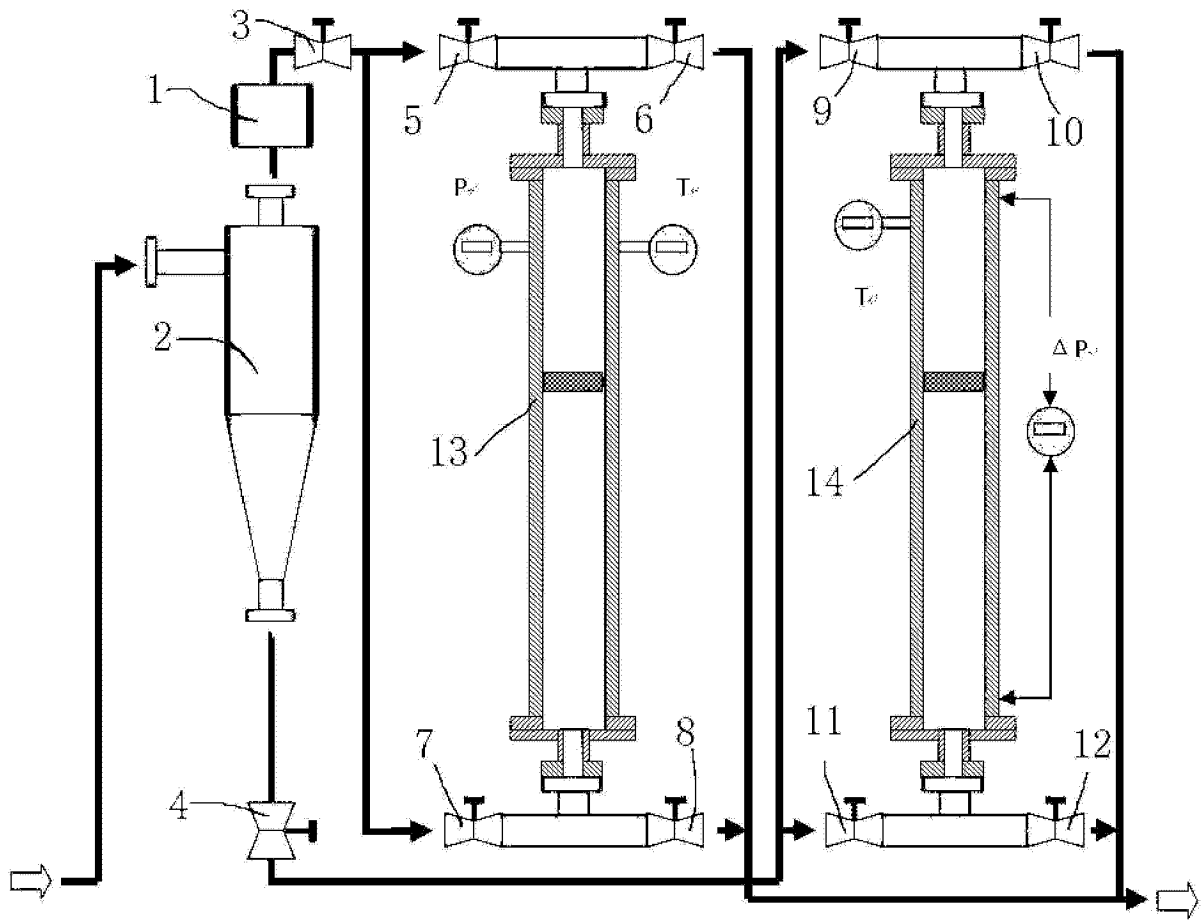


图 1

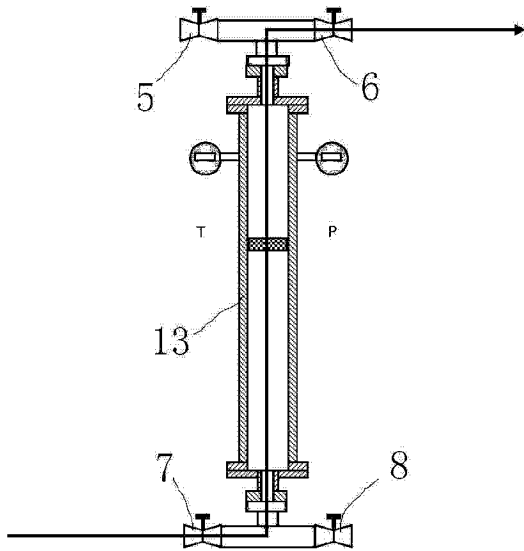


图 2

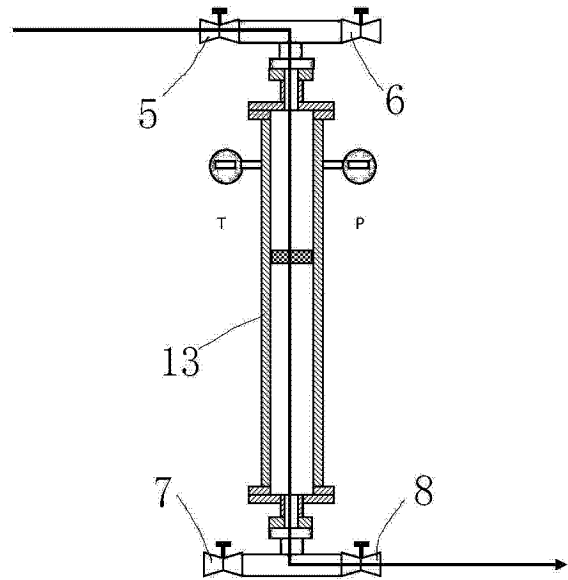


图 3

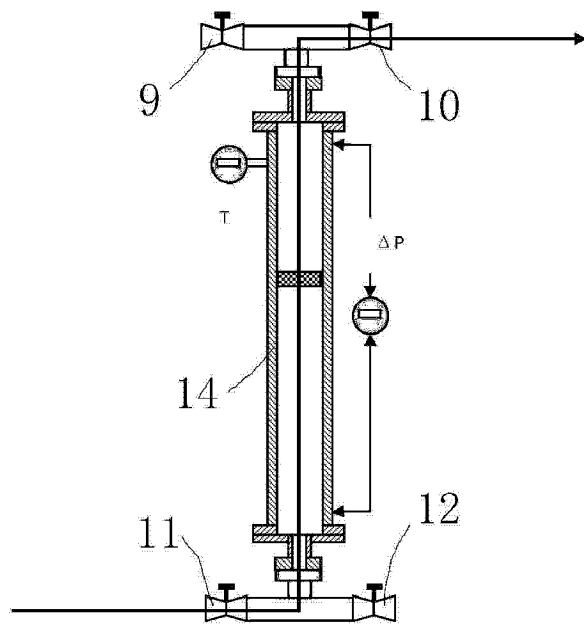


图 4

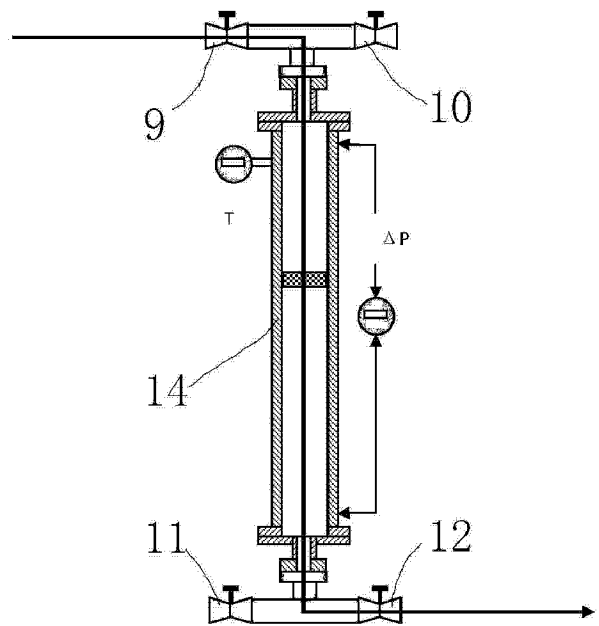


图 5