



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103822677 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 28

(21) 申请号 201410045083. 6

(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 11/36(2006. 01)

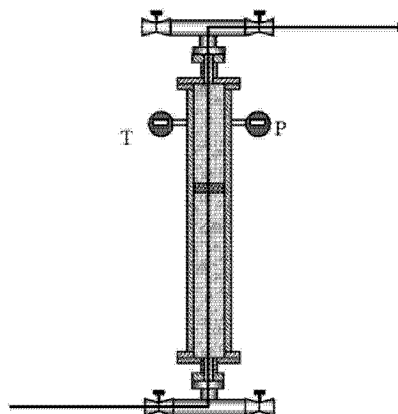
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种定容管活塞式天然气湿气流量计及测量方法

(57) 摘要

本发明提供了一种定容管活塞式天然气湿气流量计,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。由于本发明定容管活塞式天然气湿气流量计是基于容积测量的流量计,因而测量过程和被测天然气湿气的物性参数和流速、流态等流动参数无关,测量流量不易受流量波动影响,具有较高的精度。



1. 一种定容管活塞式天然气湿气流量计,其特征在于: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。

2. 如权利要求 1 所述的一种定容管活塞式天然气湿气流量计,其特征在于:所述活塞和管壁间是滑动紧配合,活塞两侧的气体密封。

3. 如权利要求 2 所述的一种定容管活塞式天然气湿气流量计,其特征在于: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. 一种如权利要求 1 所述的一种活塞式天然气湿气流量计的测量方法,其特征在于,包括如下步骤:

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。

一种定容管活塞式天然气湿气流量计及测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于原油油井采油生产伴生气和天然气井采出天然气湿气流量计技术领域,本发明涉及一种定容管活塞式天然气湿气流量计及测量方法。

背景技术

[0002] 在油气田开采过程中大多数情况下。天然气的产出总是伴随着液态烃、游离水和饱和水蒸气的产出。因此,天然气在从单井开采到多井集输、净化处理、增压输送的过程中均会涉及湿气计量。由于单井产量计量与开采方的经济利益密切相关,而且单井的计量数据也是油气田管理方了解气井生产能力、生产状况的重要数据。因此,提高湿气计量的准确性和可靠性也越来越受到世界上各大石油公司的重视。自 20 世纪 90 年代初以来,国际气体流量实验室和国际大石油公司都陆续开展了湿气计量技术方面的相关研究。湿气计量技术已经历了 20 多年的发展,欧美等发达国家,尤其是美国和挪威在湿气流量计的准确度、稳定性和通用性方面的研究已取得了一些成绩,在流量计的选型、测试、校准、使用和维护以及各种工况的适用性方面已获得了大量的经验。我国大庆油田在 20 世纪末也曾开展过湿气计量技术研究,一些科研院校和流量计生产厂家也小规模地开展了这方面的研究。

[0003] 通常来说,经过脱水、净化和轻烃回收工艺,提取出液化气和轻质油后的天然气称之为干气。未经处理的油气田采出的天然气多含有少量凝析水或油、饱和水蒸气及轻烃类,含液滴组分,称之为湿气。湿气属于多相流的范畴。相对单相流而言,湿气计量技术更为复杂和困难,其主要原因如下:

[0004] 1. 管道内湿气流态因管道内的气体压力、流速、液体含量以及管道安装位置(水平、倾斜或垂直)不同而不同,流态较为复杂。

[0005] 2. 湿气计量现场工况变化相对较大,如果流量计选型不合理,易造成所用流量计不适用于计量现场的工况条件,甚至造成流量计损坏。

[0006] 3. 湿气计量用流量计大多采用了离线检定的方式,但一般的检定或校准实验室的检定介质和工况条件与实际介质和工况条件有非常明显的差异,使得流量计现场的计量性能难以保证。

[0007] 近年来,虽然一些流量计生产厂商也研发出一些类型的湿气流量计(或多相流量计)。但目前国内外的湿气计量主要还是采用传统的单向流流量技术,由于管道内液相的存在,管道内的流态严重地影响了流量计的计量性能,据最新试验研究,其计量误差最大可达 15%。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种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影响的定容管活塞式天然气湿气流量计。

[0009] 为了解决上述问题,本发明提供一种定容管活塞式天然气湿气流量计,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。

[0010] 进一步,所述活塞和管壁间是滑动紧配合,活塞两侧的气体密封。

[0011] 进一步,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。

[0012] 本发明还提供一种活塞式天然气湿气流量计的测量方法,包括如下步骤:

[0013] 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 ;

[0014] 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:

$$[0015] \quad F_A = \frac{P_1 V (T_S + 273.15)}{P_S (T_1 + 273.15) t};$$

[0016] 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:

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

[0018] 其中:标准大气压 $P_S=101.325\text{kpa}$,标准大气压温度 $T_S=0^\circ\text{C}$;

[0019] 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。

[0020] 相对于现有技术,本发明具有下列技术效果:

[0021] 本发明提供的定容管活塞式天然气湿气流量计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,因而测量过程和被测天然气湿气的物性参数和流速、流态等流动参数无关,测量流量不易受流量波动影响,具有较高的精度。

附图说明

[0022] 图 1 为本发明实施例的定容管活塞式天然气湿气流量计下进气、上排气行程时的结构示意图。

[0023] 图 2 为本发明实施例的定容管活塞式天然气湿气流量计上进气、下排气行程时的结构示意图。

具体实施方式

[0024] 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。

[0025] 实施例一:

[0026] 本发明提供了如附图 1-2 所示的一种定容管活塞式天然气湿气流量计,包括定容积的圆柱计量管,内置可上下移动的活塞,活塞和管壁间是滑动紧配合,活塞两侧的气体密封;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。

[0027] 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。

[0028] 一、下进气、上排气行程

[0029] 下进气、上排气行程时的气体流动方向如图 1 中箭头所示：

[0030] 图中黑线通过的阀门打开，其余的关闭。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。

[0031] 二、上进气、下排气行程

[0032] 上进气、下排气行程时的气体流动方向如图 2 中箭头所示：

[0033] 换向后，图中黑线通过的阀门打开，其余的关闭。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。

[0034] 三、流量计算

[0035] 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。

[0036] 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 ($^{\circ}C$)，测得的活塞上下止点间的运动时间为 t (HOUR)；标准大气压 $P_s=101.325kpa$ ，标准大气压温度 $T_s=0^{\circ}C$ ，常数 $R = 8.31$ ，标准大气压时的气体体积为 V_s (M^3)。

[0037] 理想气体气态方程： $PV = NRT$

[0038] 气体质量： $N = \frac{PV}{RT}$

[0039] 换算成标准大气压下的柱塞气体体积时质量不变：

$$[0040] \quad \frac{P_1 V}{R (T_1 + 273.15)} = \frac{P_s V_s}{R (T_s + 273.15)}$$

[0041] 标准大气压下体积：

$$[0042] \quad V_s = \frac{P_1 V (T_s + 273.15)}{P_s (T_1 + 273.15)}$$

[0043] 气体流量： $F_A = \frac{V_s}{t}$

$$[0044] \quad F_A = \frac{P_1 V (T_s + 273.15)}{P_s (T_1 + 273.15) t} \quad (M^3/H)$$

[0045] 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 $Z = \frac{PV}{NRT}$

[0046] 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 $Z > 1$ 。

[0047] 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

$$[0048] \quad T_R = \frac{T_S}{T_{CR}}, \quad P_R = \frac{P_S}{P_{CR}}$$

[0049] 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。

[0050] 压缩系数 Z 的大小仅取决于 T_R 和 P_R , 即 $Z = f(T_R, P_R)$

[0051] 利用对比 Redlich-Kwong 普遍化方程求解 Z

$$[0052] \quad Z^3 - Z^2 - (B^2 + B - A)Z - AB = 0$$

$$[0053] \quad \text{其中 } A = 0.42748 \frac{P_R}{T_R^{2.5}} \quad B = 0.084467 \frac{P_R}{T_R}$$

$$[0054] \quad \text{气体流量: } F_A = \frac{P_1 V (T_S + 273.15)}{Z P_S (T_1 + 273.15)} t \quad (\text{M}^3/\text{H})$$

[0055] 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。

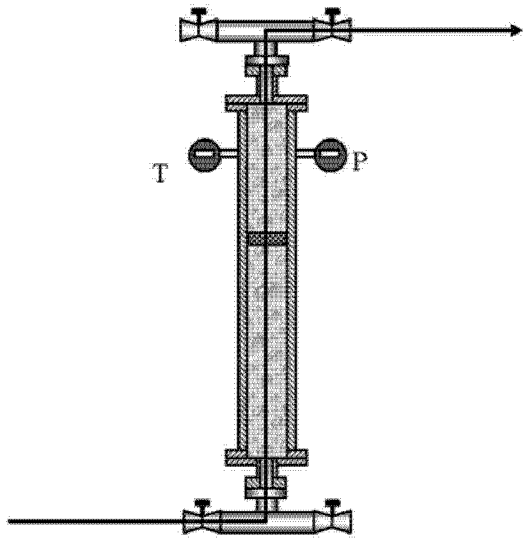


图 1

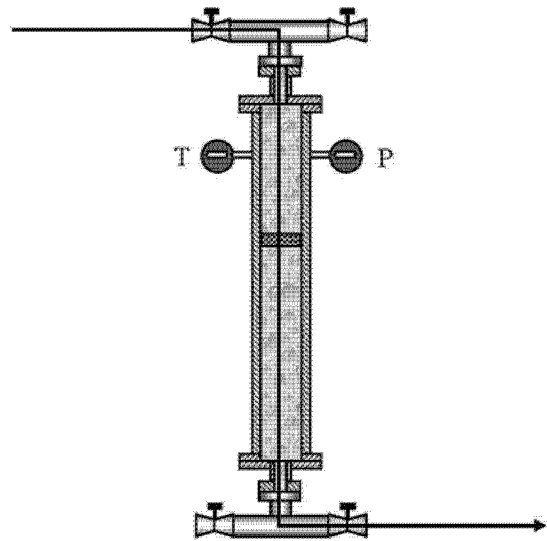


图 2