

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局



(43) 国际公布日  
2013 年 7 月 11 日 (11.07.2013)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号  
WO 2013/102312 A 1

- (51) 国际分类号 :  
G01F 1/88 (2006.01) G01P 5/22 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2012/070436
- (22) 国际申请日 : 2012 年 1 月 16 日 (16.01.2012)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 :  
2012 10006144.9 2012 年 1 月 6 日 (16.01.2012) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 兰州海默科技股份有限公司 (LANZHOU HAIMO TECHNOLOGIES CO. LTD.) [CN/CN]; 中国甘肃省兰州市城关区张苏滩 593 号 龙丽娟 Gansu 730010 (CN)。
- (72) 发明人 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 陈继革 (CHEN, Jige) [CN/CN]; 中国甘肃省兰州市城关区张苏滩 593 号, Gansu 730010 (CN)。 潘艳芝 (PAN, Yanzhi) [CN/CN]; 中国甘肃省兰州市城关区张苏滩 593 号,

Gansu 730010 (CN)。 吴国栋 (WU, Guodong) [CN/CN]; 中国甘肃省兰州市城关区张苏滩 593 号, Gansu 730010 (CN)。 吴治永 (WU, Zhiyong) [CN/CN]; 中国甘肃省兰州市城关区张苏滩 593 号, Gansu 730010 (CN)。

(74) 代理人 : 甘肃省知识产权事务中心 (GANSU INTELLECTUAL PROPERTY AFFAIRS CENTER); 中国甘肃省兰州市城关区雁南路联创大厦三楼鲜林, Gansu 730010 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

- (54) Title: STEAM FLOW METERING DEVICE AND METERING METHOD THEREFOR
- (54) 发明名称 : 一种蒸汽流量计量装置及计量方法

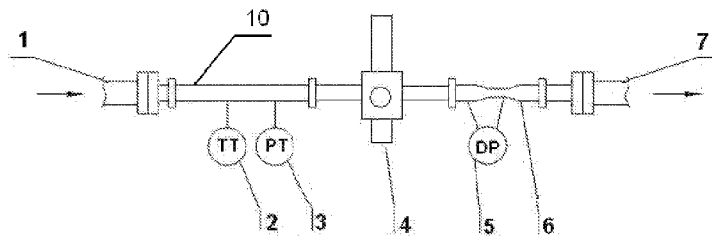


图 1 Fig. 1

(57) Abstract: Provided are a steam flow metering device and a metering method therefor. The device mainly comprises a mono-energetic gamma sensor (5), a Venturi-type flowmeter (6), a temperature transmitter (2), a pressure transmitter (3), a pipe connection section at the steam-inlet (1), and a pipe connection section at the steam-outlet (7), the function thereof being to measure the quantity of saturated water and saturated steam within the steam effectively and in real time. The measuring method thereof is: measuring the dryness of the saturated steam at the cross section by the mono-energetic gamma sensor (5); measuring the mass flow of the total steam by the Venturi-type flowmeter (6), and at the same time considering the potential slip (the phase velocity difference) existing in the saturated steam and the saturated water, such that the quantity of saturated steam, the quantity of saturated water and the corresponding thermal values thereof can be calculated in real time by a computer system by utilizing the method of analytical solution to the vapour/liquid annular flow slip. The vapour and the liquid phases in the steam can be directly distinguished and measured by the present measuring method. The present method is different from the conventional method of single-phase metering encryption correction, has no additional error, there is no influence from the type of flow and the phase change between the vapour and liquid, and has a higher measuring precision.

(57) 摘要:

[见续页]



2 3/1 2312 A1

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护):ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 叙亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 喊洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

提供一种蒸汽流量计量装置及计量方法。该装置主要包括单能伽马传感器 (5), 文丘里流量计 (6), 温度变送器 (2), 压力变送器 (3), 蒸汽入口 (1) 连接管段, 蒸汽出口 (7) 连接管段, 其功能在于有效实时测量蒸汽中的饱和水量和饱和蒸汽量。其测量方法为: 单能伽马传感器 (5) 测量截面饱和蒸汽干度, 文丘里流量计 (6) 测量总蒸汽质量流量, 同时考虑饱和蒸汽和饱和水可能存在的滑差 (相速度差), 采用汽液环状流滑差解析解的方法, 从而用计算机系统可以实时计算出饱和蒸汽量, 饱和水量以及它们对应的热值。此测量方法可直接分辨、测量蒸汽中的汽液两相, 不同于传统的单相计量加密度修正的方法, 没有附加误差, 不受流型、气液相变的影响, 测量精度更高。

## 一种蒸汽流量计量装置及计量方法

### 技术领域

本发明涉及蒸汽流量及热值的在线计量技术领域,特别在油田蒸汽驱动稠油生产过程中,可以用来实现对注入蒸汽进行实时计量的一种蒸汽流量计量装置,本发明还包括使用该计量装置计量蒸汽流量的计量方法。

### 背景技术

蒸汽是石油化工企业重要的二次能源,从企业效益出发,降低生产成本需要降低对蒸汽的消耗。谈节能降耗,首先是能源计量,在油田蒸汽驱动稠油生产过程中,只有对注入蒸汽实施了准确计量,才能够明确节能的量化指标。近年来,国内稠油资源的不断勘探和开发,90%以上依靠蒸汽吞吐或蒸汽驱动进行稠油开采,但由于注入蒸汽高温高压气液夹带的特殊性,在准确计量方面存在诸多困难,长期以来一直是流量测量中的老大难问题。目前,工业中通常采用涡街流量计、差压式流量计(以孔板流量计为代表)或弯管流量计对蒸汽进行计量。计量蒸汽常用质量流量,质量流量大小与蒸汽的密度有关,而蒸汽的密度又直接受蒸汽的压力及温度的影响。在蒸汽计量过程中,随着热汽压力及温度的不断变化,密度也随着变化,使质量流量也随着变化,如果计量仪表不能跟踪这种变化,势必造成较大的计量误差。因此,在蒸汽计量过程中一般都通过压力及温度补偿来达到密度补偿。但由于蒸汽是比较特殊的介质,随着工况如温度、压力的变化,单相性质的过热蒸汽经常会转变为饱和蒸汽,形成气液两相流介质,这样就使得传统的单相仪表很难实时反映这种变化,更不可能对"饱和蒸汽"和"饱和水"进行实时分别准确计量。

### 发明内容

本发明所要解决的技术问题就是克服传统仪表不能实时跟踪蒸

汽计量中相变状态,提供一种采用单能伽马测蒸汽干度加文丘里测总质量流量的技术路线,可以直接实现在线测量蒸汽中汽液两相的各自质量,从而得到总流量热值的一种蒸汽流量计量装置,本发明还提供使用该计量装置计量蒸汽流量的计量方法。

本发明的技术问题通过下述技术方案解决:

本发明的第一种蒸汽计量装置,包括一管线,管线入口装一入口连接法兰,入口连接法兰之后的管线上依次装有温度变送器和压力变送器,所述的管线为水平管线,所述水平管线上在压力变送器之后连接文丘里,所述文丘里的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器,所述文丘里上装一差压变送器,用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值,文丘里之后为管线出口。

本发明的第二种蒸汽计量装置,包括一管线,管线入口端装一入口连接法兰,所述的管线为竖直管线,所述竖直管线上入口连接法兰之后连接一入口盲三通,入口盲三通上依次装有温度变送器和压力变送器,在压力变送器之后连接文丘里,所述文丘里的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器,所述文丘里上装一差压变送器,用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值,文丘里之后为管线出口。

本发明的第三种蒸汽计量装置,包括一管线,管线入口端装一入口连接法兰,所述的管线为倒U型管线,所述倒U型管线上入口连接法兰之后连接一入口盲三通,入口盲三通上依次装有温度变送器和压力变送器,在压力变送器之后连接文丘里,所述文丘里的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器,所述文丘里上装一差压变送器,用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值,文丘里之后为管线出口。

所述的单能伽马传感器测量蒸汽截面相分率和蒸汽截面干度。

汽 流 上述三种蒸汽计量装置计量蒸汽的方法，包括以下步骤：

- 1) 由单能伽马传感器测量饱和蒸汽相分率  $\alpha$ ；
- 2) 由压力变送器和温度变送器实时测量管道压力和温度；
- 3) 计算饱和水和饱和蒸汽的密度，得到流体的混合密度  $\rho_{mix}$  和

蒸汽干度  $X$ ；

4) 利用文丘里管测量总流量差压值  $\Delta P$ ，对测量的数据进行计算，求得总质量流量率  $Q$ ，饱和蒸汽流量率  $Q_1$  和饱和水流量率  $Q_2$ ；

5) 对汽液相速度差带来的测量饱和蒸汽流量率  $Q_1$  和真实饱和蒸汽流量率  $Q_1'$  的差值  $\Delta Q_1$ 、饱和水流量率  $Q_2$  和真实饱和水流量率  $Q_2'$  的差值  $\Delta Q_2$  采用汽液环状流滑差解析解的方法进行补偿。

所述的蒸汽干度通过伽马射线吸收公式计算得到：

$$\frac{1}{D} \ln \frac{N_0}{N_x} = \alpha * \mu_{蒸汽} + (1 - \alpha) * \mu_{水}$$

$$\mu_{蒸汽} = \mu_m * \rho_{蒸汽}$$

$$\mu_{饱和水} = \mu_m * \rho_{饱和水}$$

其中：

$\mu_m$  表示物质水的质量吸收系数，与状态无关；

$N_x, N_0$ ：分别表示在线测量时和空管状态下的伽马射线计数；

$D$ ：伽马射线穿过的距离；

$\mu_{蒸汽}$ ， $\mu_{饱和水}$  分别表示“饱和蒸汽”和“饱和水”的在线线性吸收系数

$\rho_{蒸汽}$ ， $\rho_{饱和水}$  分别表示“饱和蒸汽”和“饱和水”的在线密度

蒸汽的干度：

$$X = \frac{\alpha}{\alpha + (1 - \alpha) * \rho_{饱和水} / \rho_{蒸汽}}$$

所述的饱和蒸汽和饱和水的质量流量根据总质量流量和干度计算得到

$$\begin{aligned} \text{总质量流量率} : \quad Q &= K \sqrt{\Delta P * \rho_{mix}} \\ \rho_{mix} &= \alpha * \rho_{蒸汽} + (1 - \alpha) * \rho_{饱和水} \end{aligned}$$

其中： $K$ 和文丘里尺寸及流出系数相关

$$\text{饱和蒸汽质量流量率} : \quad Q_1 = Q * \alpha$$

$$\text{饱和水质量流量率} : \quad Q_2 = Q * (1 - \alpha)$$

本发明采用单能伽马和文丘里相结合的测量装置，单能伽马可以准确分辨出饱和蒸汽和饱和水的比例（相分率），结合文丘里的差压测量就可以计量出总质量流量，同时采用汽液环状流滑差解析解的方法来处理饱和蒸汽和饱和水之间可能存在的相速度差，从而实时、准确地测量到“饱和蒸汽”质量流量和“饱和水”质量流量，以及它们总的热值，属于一种新型油田工业现场在线蒸汽计量装置。

附图说明

图 1 为本发明第一种蒸汽计量装置结构示意图；

图 2 本发明第二种蒸汽计量装置结构示意图；

图 3 本发明第三种蒸汽计量装置结构示意图。

图中，1 入口连接法兰，2 温度变送器，3 压力变送器，4 单能伽马传感器，5 差压变送器，6 文丘里，7 蒸汽流量计装置出口，8 入口盲三通，9 成撬管线，10 水平管线，11 竖直管线。

具体实施方式

下面结合附图及实施例对本发明进行详细说明。

如图 1 所示，本发明的第一种蒸汽计量装置为水平安装结构。包括一管线，管线入口装一入口连接法兰 1，入口连接法兰 1 之后的管线上依次装有温度变送器 2 和压力变送器 3，其特征在于所述的管线

为水平管线 10，所述水平管线 10 上在压力变送器 3 之后连接文丘里 6，所述文丘里 6 的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器 5，所述文丘里 6 上装一差压变送器 5，用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值，文丘里 6 之后为管线出口 7。

其工作过程为蒸汽流体由入口连接法兰 1 进入蒸汽流量计，流体依次经过温度变送器 2，压力变送器 3，单能伽马传感器 4 和文丘里 6，最后通过蒸汽量流量计装置出口 7 进行下游管线。其中，温度变送器和压力变送器用于测量在线温度和压力，用于流量工况、标况转换以及密度、热值等转换。单能伽马传感器测量蒸汽中的截面干度。文丘里和差压表用来实时测量总的蒸汽质量流量。

如图 2 所示，本发明的第二种蒸汽计量装置为竖直安装结构。包括一竖直管线 11，管线入口端装一入口连接法兰 1，入口连接法兰 1 之后连接一入口盲三通 8，入口盲三通 8 上依次装有温度变送器 2 和压力变送器 3，压力变送器 3 之后连接文丘里 6，所述文丘里 6 的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器 5，所述文丘里 6 上装一差压变送器 5，用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值，文丘里 6 之后为管线出口 7。

其过程为蒸汽流体由入口连接法兰 1 进入蒸汽流量计，流体首先经过入口盲三通 8，对流体起混合作用，同时把水平流态改变成竖直流态，然后流体依次经过温度变送器 2，压力变送器 3，单能伽马传感器 4 和文丘里 6，最后通过蒸汽量流量计装置出口 7 进行下游管线。其中，温度变送器和压力变送器用于测量在线温度和压力，用于流量工况、标况转换以及密度、热值等转换。单能伽马传感器测量蒸汽中的截面干度。文丘里和差压表用来实时测量总的蒸汽质量流量。

图 3 示出了本发明的第三种蒸汽计量装置，为倒 U 型成撬安装结构。包括一倒 U 型管线 9，倒 U 型管线 9 入口端装一入口连接法兰 1，入口连接法兰 1 之后连接一入口盲三通 8，入口盲三通 8 上依次装有

温度变送器 2 和压力变送器 3 , 压力变送器 3 之后连接文丘里 6 , 所述文丘里 6 的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器 5 , 所述文丘里 6 上装一差压变送器 5 , 用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值 , 文丘里 6 之后为管线出口 7 。

其过程为蒸汽流体由入口连接法兰 1 进入蒸汽流量计 , 流体首先经过入口盲三通 8 , 对流体起混合作用 , 同时把水平流态改变成竖直流态 , 然后流体依次经过温度变送器 2 , 压力变送器 3 , 单能伽马传感器 4 和文丘里 6 , 为使得本测试装置成撬 , 安装倒 U 型管线 9 , 最后通过蒸汽流量计装置出口 7 进行下游管线。其中 , 温度变送器和压力变送器用于测量在线温度和压力 , 用于流量工况、标况转换以及密度、热值等转换。单能伽马传感器测量蒸汽中的截面干度。文丘里和差压表用来实时测量总的蒸汽质量流量。

本发明的蒸汽计量方法 , 包括以下步骤 :

- 1) 根据蒸汽中汽液两相对伽马射线线性衰减系数不同的原理 , 由单能伽马传感器测量饱和蒸汽相分率  $\alpha$  ;
- 2) 通过安装在管线上的压力变送器 3 和温度变送器 2 实时测量管道压力和温度 ;
- 3) 计算饱和水和饱和蒸汽的密度 , 得到流体的混合密度  $\rho_{mix}$  和蒸汽干度  $x$  ;
- 4) 利用文丘里管测量总流量差压值  $\Delta P$  , 同时考虑汽液滑差 , 对测量的数据进行计算 , 求得总质量流量率  $Q$  , 饱和蒸汽流量率  $Q_1$  和饱和水流量率  $Q_2$  ;

计算方法和过程如下 :

(1) 在蒸汽计量过程中 , 通过实液介质水的单能伽马传感器标定 , 可以得到水的质量吸收系数  $\mu_m$  , 根据质量吸收系数的定义和物理特性 , 无论水是处于什么样的物理状态 ( 气态、液态或固态 , 或是否产生相变 ) , 由于成分不变 , 此吸收系数是一定值。

伽马射线和物质相互作用的物理方程式为：

$$\frac{1}{D} \ln \frac{N_0}{N_x} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \mu_i$$

其中：

$N_x, N_0$ ：分别表示在线测量时和空管状态下的伽马射线计数；

D：伽马射线穿过的距离；

$\alpha_i$ ：i相流体的截面相分率；

$\mu_i$ ：i相流体的线性衰减系数。

在蒸汽计量中，假设“饱和水”和“饱和蒸汽”截面相分率是  $\alpha$ ，其伽马射线吸收公式为：

$$\frac{1}{D} \ln \frac{N_0}{N_x} = \alpha * \mu_{\text{蒸汽}} + (1 - \alpha) * \mu_{\text{饱和水}}$$

$$\mu_{\text{蒸汽}} = \mu_m * \rho_{\text{蒸汽}}$$

$$\mu_{\text{饱和水}} = \mu_m * \rho_{\text{饱和水}}$$

其中：

$\mu_{\text{蒸汽}}$ ， $\mu_{\text{饱和水}}$  分别表示“饱和蒸汽”和“饱和水”的在线线性吸收系数

$\rho_{\text{蒸汽}}$ ， $\rho_{\text{饱和水}}$  分别表示“饱和蒸汽”和“饱和水”的在线密度

因此可以得到蒸汽的干度：

$$X = \frac{\alpha}{\alpha + (1 - \alpha) * \rho_{\text{饱和水}} / \rho_{\text{蒸汽}}}$$

(2) 根据总质量流量和干度分别得到“饱和蒸汽”和“饱和水”质量流量。

总质量流量率：
$$Q = K \sqrt{\Delta P * \rho_{\text{mix}}}$$

$$P_{mix} = \alpha * P_{蒸汽} + (1 - \alpha) * \rho_{饱和水}$$

饱和蒸汽质量流量肩： $Q_1 = Q * X$

饱和水质量流量肩： $Q_2 = Q * (1 - X)$

5) 由于蒸汽计量中，汽液可能存在相速度差使得直接测量饱和蒸汽量  $Q_1$  和真实饱和蒸汽量  $Q_1'$  存在一个差值  $\Delta Q_{蒸汽}$ ，直接测量饱和水量  $Q_2$  和真实饱和水量  $Q_2'$  存在一个差值  $\Delta Q_{饱和水}$ ，故采用汽液环状流滑差解析解的方法对其进行补偿。

$$\Delta Q_{蒸汽} = \frac{K_1}{\mu_{饱和水}} \left[ \left( 2 - \frac{1}{\mu_R} \right) \alpha^4 - 2\alpha^2 + \frac{\alpha (\alpha \rho_R + (1 - \alpha))}{\alpha \rho_R \mu_R + (1 - \alpha)} \right] (K_2 f \rho_{蒸汽} Q_t^2)$$

$$\Delta Q_{饱和水} = \frac{K_1}{\mu'_{饱和水}} \left[ -1 - \alpha^4 + 2\alpha^2 + \frac{(1 - \alpha) (\alpha \rho_R + (1 - \alpha))}{\alpha \rho_R \mu_R + (1 - \alpha)} \right] (K_2 f \rho_{饱和水} Q_t^2)$$

其中：

$K_1, K_2$  为常数，由蒸汽流量计计量尺寸决定

$\mu_{饱和水}$ ，表示“饱和水”的粘度

$\mu_R$ ，表示“饱和蒸汽”和“饱和水”的在线粘度比

$\rho_R$ ，表示“饱和蒸汽”和“饱和水”的在线密度比

$f$ ，表示摩擦阻力系数，是流体雷诺数和管壁相对粗糙度的函数

$Q_t$ ，是蒸汽计量装置中文丘里计量的总流量。

4) 最后可得到饱和水、饱和蒸汽质量流量及热值：

饱和蒸汽质量流量率： $Q'_1 = Q_1 + \Delta Q_{\text{蒸汽}}$

饱和水质量流量率： $Q'_2 = Q_2 + \Delta Q_{\text{饱和水}}$

饱和蒸汽热值率（焓）： $H_1 = Q'_1 h_1$

饱和水热值率（焓）： $H_2 = Q'_2 h_2$

总质量热值率（焓）： $H = H_1 + H_2$

其中： $h_1$   $h_2$  是饱和蒸汽和饱和水在特定压力和温度下的焓值。

1、一种蒸汽计量装置，包括一管线，管线入口装一入口连接法兰 (1)，入口连接法兰 (1) 之后的管线上依次装有温度变送器 (2) 和压力变送器 (3)，其特征在于所述的管线为水平管线 (10)，所述水平管线 (10) 上在压力变送器 (3) 之后连接文丘里 (6)，所述文丘里 (6) 的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器 (5)，所述文丘里 (6) 上装一差压变送器 (5)，用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值，文丘里 (6) 之后为管线出口 (7)。

2、一种蒸汽计量装置，包括一管线，管线入口端装一入口连接法兰 (1)，其特征在于所述的管线为竖直管线 (11)，所述竖直管线 (11) 上在入口连接法兰 (1) 之后连接一入口盲三通 (8)，入口盲三通 (8) 上依次装有温度变送器 (2) 和压力变送器 (3)，压力变送器 (3) 之后连接文丘里 (6)，所述文丘里 (6) 的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器 (5)，所述文丘里 (6) 上装一差压变送器 (5)，用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值，文丘里 (6) 之后为管线出口 (7)。

3、一种蒸汽计量装置，包括一管线，管线入口端装一入口连接法兰 (1)，其特征在于所述的管线为倒 U 型管线 (9)，所述倒 U 型管线 (9) 上入口连接法兰 (1) 之后连接一入口盲三通 (8)，入口盲三通 (8) 上依次装有温度变送器 (2) 和压力变送器 (3)，压力变送器 (3) 之后连接文丘里 (6)，所述文丘里 (6) 的入口上游或者喉部设一单能伽马传感器 (5)，所述文丘里 (6) 上装一差压变送器 (5)，用以实时测量流体流过文丘里产生的差压值，文丘里 (6) 之后为管线出口 (7)。

4、根据权利要求 1-3 任一项所述的蒸汽计量装置，其特征在于所述的单能伽马传感器 (4) 测量蒸汽截面相分率、蒸汽截面干度。

5、一种使用权利要求 1-3 任一项所述的蒸汽计量装置计量

蒸汽的方法，包括以下步骤：

- 1) 由单能伽马传感器测量饱和蒸汽相分率  $\alpha$ ;
- 2) 由压力变送器和温度变送器实时测量管道压力和温度；
- 3) 计算饱和水和饱和蒸汽的密度，得到流体的混合密度  $\rho_{mix}$  和蒸汽干度  $X$ ；
- 4) 利用文丘里管测量总流量差压值  $\Delta P$ ，对测量的数据进行计算，求得总质量流量率  $Q$ ，饱和蒸汽流量率  $Q_1$  和饱和水流量率  $Q_2$ ；
- 5) 对汽液相速度差带来的测量饱和蒸汽流量率  $Q_1$  和真实饱和蒸汽流量率  $Q_1'$  的差值  $\Delta Q_{汽}$ 、饱和水流量率  $Q_2$  和真实饱和水流量率  $Q_2'$  的差值  $\Delta Q_{饱和水}$  采用汽液环状流滑差解析解的方法进行补偿。
- 6、根据权利要求 5 所述的一种使用权利要求 1-3 任一项所述的蒸汽计量装置计量蒸汽的方法，其特征在于所述的蒸汽干度通过伽马射线吸收公式计算得到：

$$\frac{1}{D} \int_0^D n \frac{N_0}{N_x} = \alpha * \mu_{蒸汽} + (1 - \alpha) * \mu_{水}$$

$$\mu_{蒸汽} = \mu_m * \rho_{蒸汽}$$

$$\mu_{饱和水} = \mu_m * \rho_{饱和水}$$

其中：

$\mu_{蒸汽}$ ， $\mu_{饱和水}$  分别表示 "饱和蒸汽" 和 "饱和水" 的在线线性吸收系数

$\rho_{蒸汽}$ ， $\rho_{饱和水}$  分别表示 "饱和蒸汽" 和 "饱和水" 的在线密度

蒸汽的干度：

$$X = \frac{\alpha}{\alpha + (1 - \alpha) * \rho_{饱和水} / \rho_{蒸汽}}$$

7、根据权利要求 6 所述的一种使用权利要求 1-3 任一项所述的蒸汽计量装置计量蒸汽的方法,其特征在於所述的饱和蒸汽和饱和水的质量流量根据总质量流量和干度计算得到:

$$\begin{aligned} \text{总质量流量率: } Q &= K \sqrt{\Delta P^* \rho_{\text{mix}}} \\ \rho_{\text{mix}} &= \alpha^* \rho_{\text{蒸汽}} + (1-\alpha)^* \rho_{\text{饱和水}} \end{aligned}$$

$$\text{饱和蒸汽质量流量率: } Q_1 = Q * X$$

$$\text{饱和水质量流量率: } Q_2 = Q * (1-X)$$

8、根据权利要求 5 所述的一种使用权利要求 1-3 任一项所述的蒸汽计量装置计量蒸汽的方法,其特征在於所述的最终饱和蒸汽和饱和水流量需要采用汽液环状流滑差解析解的方法进行补偿:

蒸汽计量中可能存在相速度差使得直接测量饱和蒸汽量  $Q_1$  和真实饱和蒸汽量  $Q_1'$  存在一个差值  $\Delta Q_{\text{蒸汽}}$ , 直接测量饱和水量  $Q_2$  和真实饱和水量  $Q_2'$  存在一个差值  $\Delta Q_{\text{饱和水}}$ :

$$\Delta Q_{\text{蒸汽}} = \frac{K_1}{\mu_{\text{饱和水}}} \left[ \left(2 - \frac{1}{\mu_R}\right) \alpha^4 - 2\alpha^2 + \frac{\alpha (\alpha \rho_R + (1-\alpha))}{\alpha \rho_R \mu_R + (1-\alpha)} \right] (K_2 f \rho_{\text{蒸汽}} Q_1^2)$$

$$\Delta Q_{\text{饱和水}} = \frac{K_1}{\mu_{\text{饱和水}}} \left[ \left(2 - \frac{1}{\mu_R}\right) \alpha^4 + 2\alpha^2 + \frac{(1-\alpha) (\alpha \rho_R + (1-\alpha))}{\alpha \rho_R \mu_R + (1-\alpha)} \right] (K_2 f \rho_{\text{饱和水}} Q_2^2)$$

其中:

$K_1$ 、 $K_2$  为常数, 由蒸汽流量计计量尺寸决定

$\mu_{\text{饱和水}}$ , 表示 "饱和水" 的粘度

$\mu_R$ , 表示 "饱和蒸汽" 和 "饱和水" 的在线粘度比

$P_R$  , 表示 " 饱和蒸汽 " 和 " 饱和水 " 的在线密度比

$f$  , 表示摩擦阻力系数 , 是流体雷诺数和管壁相对粗糙度的函数

$Q_t$  , 是蒸汽计量装置中文丘里计量的总流量。

最后可得到饱和水、饱和蒸汽质量流量 :

饱和蒸汽质量流量率 :  $Q'_1 = Q_1 + \Delta Q_{\text{蒸汽}}$

饱和水质量流量率 :  $Q'_2 = Q_2 + \Delta Q_{\text{饱和水}}$ 。

1/2

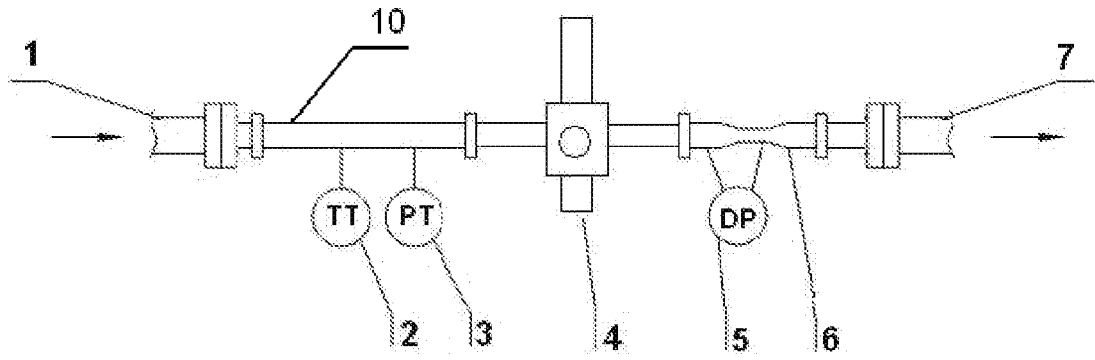


图 1

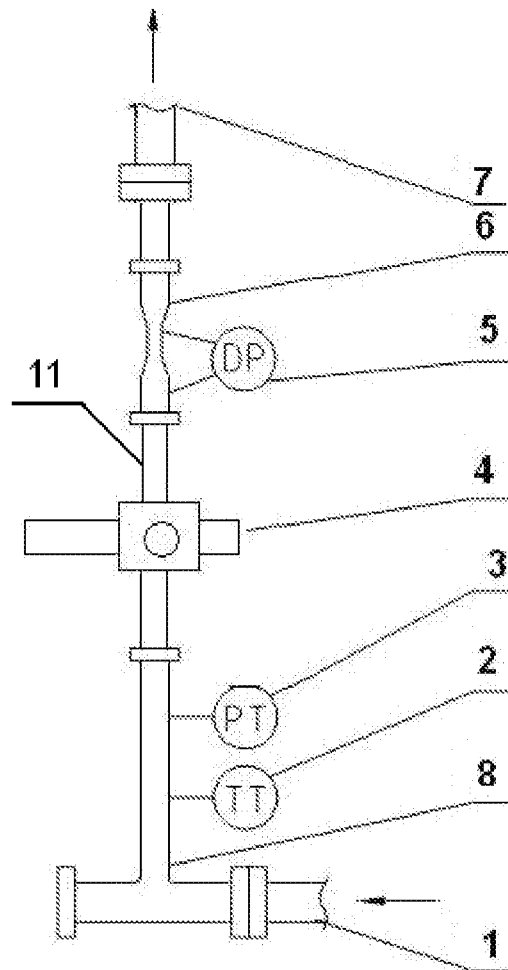


图 2

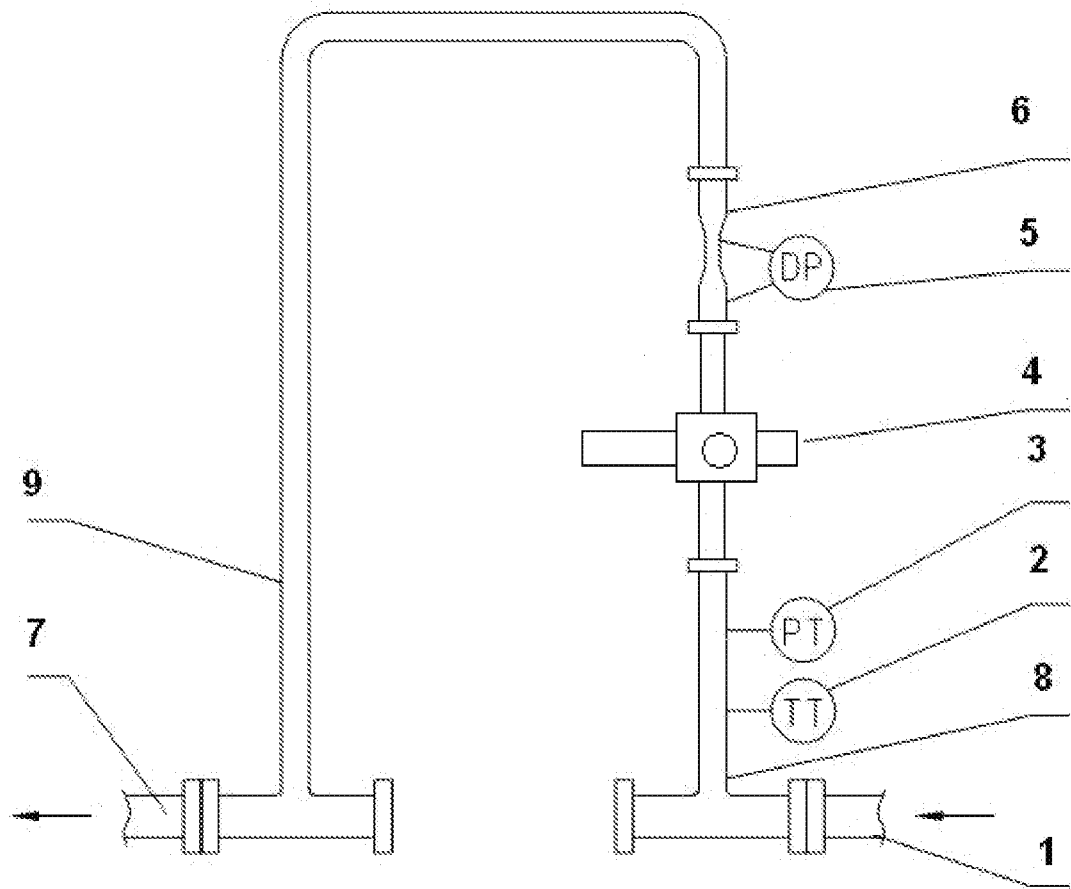


图 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2012/070436

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CJFD, VEN: VENTURI SLIP GAMMA TRI PHASE TWO WATER GAS PRESSUR

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X/Y	CN 102087298 A (LANZHOU HAIMO TECHNOLOGIES CO., LTD.) 08 June 2011 (08.06.2011) claims 1-13, description, paragraphs [0058] to [0094], figures 4-7	1-3/4- 5
Y	JIA, Zhihai et al, INTESTIGATION OF GAS PHASE FLOW RATE OF GAS-WATER TWO-PHASE FLOW BASED ON SLIP MODEL METHOD, JOURNAL OF ENGINEERING THERMOPHYSICS, February 2008, Vol. 29, No. 2, pages 259-262	4-5
X/Y	CN 202093040 U (LANZHOU HAIMO TECHNOLOGIES CO., LTD.) 28 December 2011 (28.12.2011) claims 1-11, description, paragraphs [0035] to [0071], figures 4-7	1-3/4- 5
A	CN 101839738 A (UNIV NORTHWESTERN POLYTECHNIC) 22 September 2010 (22.09.2010) the whole document	1-8
A	CN 201503284 U (LANZHOU HAIMO TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 June 2010 (09.06.2010) the whole document	1-8

 Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 September 2012 (21.09.2012)

Date of mailing of the international search report

04 October 2012 (04.10.2012)

Name and mailing address of the ISA

State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China

Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer

YANG, Yanlan

Telephone No. (86-10) 62085705

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2012/070436

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LIU, Chaochen et al, ACCURATE MEASURING OF THE STEAM FLOW, ANHUI SCIENCE & TECHNOLOGY, 2010, No. 8, pages 41-42	1-8
A	CN 101017105 A (YU, Hongyan) 15 August 2007 (15.08.2007) the whole document	1-8
A	CN 1890535 A (MULTI PHASE METERS AS) 03 January 2007 (03.01.2007) the whole document	1-8
A	CN 101509795 A (TIANJIN RIGID TECHNOLOGY CO., LTD.) 19 August 2009 (19.08.2009) the whole document	1-8
A	CN 101038188 A (CHANGCHUN BOILER INSTR PROGRAM) 19 September 2007 (19.09.2007) the whole document	1-8
A	WO 2009/129240 A2 (SCHLUMBERGER CANADA LTD) 22 October 2009 (22.10.2009) the whole document	1-8
A	GB 2454256 A (SCHLUMBERGER HOLDINGS) 06 May 2009 (06.05.2009) the whole document	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2012/070436

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102087298 A	28.12.2011	W O 2012100385 A	02.08.2012
CN 202093040 U	08.06.2011	None	
CN 101839738 A	22.09.2010	None	
CN 201503284 U	09.06.2010	None	
CN 101017105 A	15.08.2007	CN 100434870 C	19.11 .2008
CN 1890535 A	03.01 .2007	NO 323247 B	12.02.2007
		NO 20035481 A	10.06.2005
		CA 2548063 A	23.06.2005
		W O 2005057142 A	23.06.2005
		GB 2426593 A	29.11 .2006
		CN 100439870 C	03.12.2008
		BRPI 0417435 A	06.03.2007
		US 2007124091 A	31.05.2007
		US 7469188 B	23.12.2008
		RU 2348905 C	10.03.2009
		RU 2006124233 A	20.01.2008
		GB 2426593 B	11 .07.2007
CN 101509795 A	19.08.2009	CN 101509795 B	22.02.2012
CN 101038188 A	19.09.2007	None	
W O 2009/129240 A 2	22.10.2009	US 2009260807 A	22.10.2009
GB 2454256 A	06.05.2009	GB 2454256 B	19.10.2011
		US 2009114038 A	07.05.2009
		US 7562587 B	21.07.2009
		W O 2009056841 A	07.05.2009
		US 2009234593 A	17.09.2009
		US 7987733 B	02.08.2011
		EP 2210068 A	28.07.2010
		EA 201070556 A	29.10.2010
		CN 101903750 A	01.12.2010

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/070436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

GOIF 1/88 (2006.01) i

GOI P 5/22 (2006.01) i

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:G01

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称,和使用的检索词(如使用))

CNABS,CNTXT,CJFD,VEN: 蒸汽 蒸气 计量 测量 文丘里 伽马 伽玛 压力 温度 流量率 饱和水 VENTURI

SLIP GAMMA TRI PHASE TWO WATER GAS PRESSUR

C. 相关文件

类型*	引用文件,必要时,指明相关段落	相关的权利要求
X/Y	CN102087298A (兰州海默科技股份有限公司)08.6月2011(08.06.2011) 权利要求1-13,说明书[0058]段至[0094]段,图4-7	1-3/4-5
Y	贾志海等基于滑速比的气水两相流气相流量计算方法研究工程热物理学报2008年2月第29卷第2期第259-262页	4-5
X/Y	CN202093040U (兰州海默科技股份有限公司)28.12月2011(28.12.2011) 权利要求1-11,说明书[0035]段至[0071]段,图4-7	1-3/4-5
A	CN101839738A (西北工业大学)22.9月2010(22.09.2010)全文	1-8
A	CN201503284U (兰州海默科技股份有限公司)09.6月2010(09.06.2010)全文	1-8
A	刘朝晨等蒸汽流量的准确计量安徽科技2010年第8期第41-42页	1-8
A	CN101017105A (俞洪燕)15.8月2007(15.08.2007)全文	1-8

其余文件在C栏的续页中列出。

见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的3/4之后公布的在先申请或赫

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件,或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布,与申请不相抵触!,但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件,单独考虑该文件,认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件,当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时,要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

21.9月2012(21.09.2012)

国际检索报告邮寄日期

04.10月2012(04.10.2012)

ISA/CN的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号100088

传真号:(86-10)62019451

授权官员

杨艳兰

电话号码:(86-10)62085705

C (续). 相关文件		
类型	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN1890535A (多相仪表公司)03. 1 月 2007 (03.01.2007) 全文	1-8
A	CN101509795A (天津瑞吉德科技有限公司)19.8 月 2009 (19.08.2009) 全文	1-8
A	CN101038188A (长春锅炉仪表程控设备股份有限公司)19.9 月 2007 (19.09.2007) 全文	1-8
A	WO2009/129240A2(SCHLUMBERGER CANADA LTD)22. 10 月 2009 (22. 10.2009) 全文	1-8
A	GB2454256A(SCHLUMBERGER HOLDINGS) 06.5 月 2009 (06.05.2009) 全文	1-8

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2012/070436

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102087298A	28.12.2011	WO2012100385A	02.08.2012
CN202093040U	08.06.2011	无	
CN101839738A	22.09.2010	无	
CN201503284U	09.06.2010	无	
CN101017105A	15.08.2007	CN100434870C	19.11.2008
CN1890535A	03.01.2007	N0323247B	12.02.2007
		NO20035481A	10.06.2005
		CA2548063A	23.06.2005
		WO2005057142A	23.06.2005
		GB2426593A	29.11.2006
		CN100439870C	03.12.2008
		BRPI0417435A	06.03.2007
		US2007 124091 A	31.05.2007
		US7469188B	23.12.2008
		RU2348905C	10.03.2009
		RU2006124233A	20.01.2008
		GB2426593B	11.07.2007
CN101509795A	19.08.2009	CN101509795B	22.02.2012
CN101038188A	19.09.2007	无	
WO2009/129240A2	22.10.2009	US2009260807A	22.10.2009
GB2454256A	06.05.2009	GB2454256B	19.10.2011
		US20091 14038A	07.05.2009
		US7562587B	21.07.2009
		WO2009056841A	07.05.2009
		US2009234593A	17.09.2009
		US7987733B	02.08.2011
		EP2210068A	28.07.2010
		EA201070556A	29.10.2010
		CN101903750A	01.12.2010

A. 主题的分类

GO1F 1/88 (2006.01)1

G01P5/22 (2006.01)i