



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109025966 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 02

(21) 申请号 201811174608.0

(22) 申请日 2018.10.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109025966 A

(43) 申请公布日 2018.12.18

(73) 专利权人 重庆欣雨压力容器制造有限责任  
公司

地址 402560 重庆市铜梁区东城街道办事处  
龙安大道186号(工业园区内)

专利权人 无锡洋湃科技有限公司

(72) 发明人 陈继革 申洪 刘乔平 李敬阳  
徐斌 秦祖奎 林元华

(74) 专利代理机构 重庆西南华渝专利代理有限  
公司 50270

专利代理师 涂强

(51) Int. Cl.

E21B 47/00 (2012.01)

G01N 23/02 (2006.01)

G01F 1/36 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106352931 A, 2017.01.25

CN 203214031 U, 2013.09.25

CN 207779516 U, 2018.08.28

CN 209067194 U, 2019.07.05

审查员 罗行

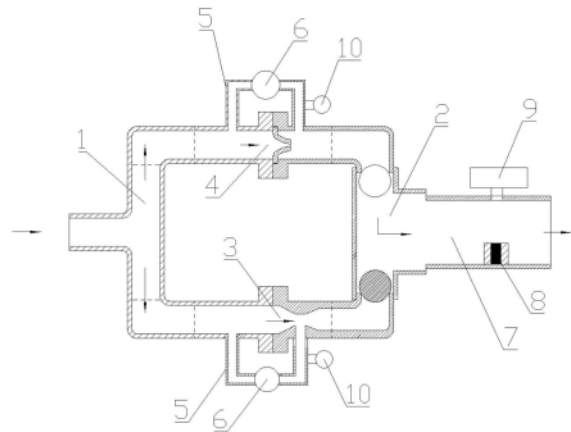
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种测量页岩气井口流体质量流量的复合  
式装置及方法

(57) 摘要

一种测量页岩气井口流体质量流量的复合  
式装置,其特征在于,包括前部的三通管A、后部  
的导流切换装置;三通管A与导流切换装置之间  
通过并列设置的文丘里流量计和喷嘴流量计连  
通,在文丘里流量计和喷嘴流量计的入口端与喉  
部之间连接有取压管,取压管上设有差压变送  
器;导流切换装置的末端设有检测管道;检测管  
道的内壁设有伽马射线发射器、与伽马射线发  
射器位置相对的检测管道的外壁设有伽马射线  
接收器,伽马射线发射器内设置具有至少三种  
能量级的伽马放射源。本发明的有益效果是  
测量范围大;结构简单、体积小,便于维护,  
采用测量页岩气井口流体中油相、气相和水  
相质量流量的方式,提高了工作效率。



1.一种基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法,其特征在于,复合式装置包括前部的三通管A(1)、后部的导流切换装置(2);三通管A(1)与导流切换装置(2)之间通过并列设置的文丘里流量计(3)和喷嘴流量计(4)连通,在文丘里流量计(3)和喷嘴流量计(4)的入口端与喉部之间连接有取压管(5),取压管(5)上设有差压变送器(6);导流切换装置(2)的末端设有检测管道(7);检测管道(7)的内壁设有伽马射线发射器(8)、与伽马射线发射器(8)位置相对的检测管道(7)的外壁设有伽马射线接收器(9),伽马射线发射器(8)内设置具有至少三种能量级的伽马放射源;

测量方法包括以下步骤:

S1:使页岩气井口流体从三通管A(1)的入口端流入,经过工作状态的文丘里流量计(3)或喷嘴流量计(4);

S2:由差压变送器(6)测得文丘里流量计(3)或喷嘴流量计(4)的入口端压力 $P_1$ 、喉部压力 $P_2$ 及压差 $\Delta P$ ;

S3:页岩气井口流体通过检测管道(7),由伽马射线发射器(8)发出射线沿检测管道(7)径向穿过页岩气井口流体,并由检测管道(7)外壁的伽马射线接收器(9)接收,测得气相的质量相分率 $\alpha_{\text{gas}}$ 、油相质量相分率 $\alpha_{\text{oil}}$ 、水相质量相分率 $\alpha_{\text{water}}$ ;

S4:计算气相、油相和水相的混合密度 $\rho$ :

$$\rho = \rho_{\text{gas}} \times \alpha_{\text{gas}} + \rho_{\text{oil}} \times \alpha_{\text{oil}} + \rho_{\text{water}} \times \alpha_{\text{water}};$$

式中: $\rho_{\text{gas}}$ 为气相的混合密度,单位 $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_{\text{oil}}$ 为油相的混合密度,单位 $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_{\text{water}}$ 为水相的混合密度,单位 $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

S5:计算页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ :  $Q_m = k \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho}$

$$k = 0.126447 \cdot \varepsilon \cdot \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \cdot (D^2 - d^2);$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{k \tau^{2/k} \frac{1-\beta^4}{1-\beta^4 \tau^{2/k}} \frac{1-\tau^{k-1}}{1-\tau}}{k-1}};$$

$$\beta = \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{D};$$

式中: $\beta$ 为当量直径比;

D为文丘里流量计(3)或喷嘴流量计(4)入口管道直径,单位mm;

d为文丘里流量计(3)或喷嘴流量计(4)喉部管道直径,单位mm;

$\varepsilon$ 为压缩系数;

C为流出系数;

$\tau$ 为有差压变送器(6)测得 $P_2/P_1$ 比;

k为等熵系数; $\Delta P$ 差压值,单位为kPa; $\rho$ 为气相、油相和水相的混合密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

S6:计算气相、油相和水相各自的质量流量:

$$Q_{\text{gas}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{gas}}$$

$$Q_{oil} = Q_m \cdot \alpha_{oil}$$

$$Q_{water} = Q_m \cdot \alpha_{water};$$

式中： $Q_{gas}$ 为气相的质量流量，单位为kg/h，

$Q_{oil}$ 为油相的质量流量，单位为kg/h；

$Q_{water}$ 为水相的质量流量，单位为kg/h；

$Q_m$ 为页岩气井口流体总质量流量，单位为kg/h；

$\alpha_{gas}$ 为气相的质量相分率；

$\alpha_{oil}$ 为油相质量相分率；

$\alpha_{water}$ 为水相质量相分率。

2. 如权利要求1所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，导流切换装置(2)包括三通管B和位于三通管B的两个入口端的两个单向电动阀。

3. 如权利要求1所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，导流切换装置(2)是三通L型防爆电动阀。

4. 如权利要求1、2或3所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，取压管(5)上还设有温度感应器(10)。

5. 如权利要求1、2或3所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，伽马放射源是 $Ba^{133}$ ， $Ba^{133}$ 放出的射线具有31keV、81keV和356keV三种能量级。

6. 如权利要求4所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，伽马放射源是 $Ba^{133}$ ， $Ba^{133}$ 放出的射线具有31keV、81keV和356keV三种能量级。

7. 如权利要求5所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，伽马射线发射器(8)到与之位置相对的检测管道(7)的内壁的径向距离在12.5mm至50mm之间。

8. 如权利要求6所述的基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法，其特征在于，伽马射线发射器(8)到与之位置相对的检测管道(7)的内壁的径向距离在12.5mm至50mm之间。

## 一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及油气检测技术领域,具体涉及一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置及方法。

### 背景技术

[0002] 在油气工业中,油气井产物同时包含液相和气相两种相态的气液混合流体称为多相流;其中,气相包括油田气或任何在常温下不凝的气体,例如甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等;液相又包括油相和水相,油相是指原油本身以及在原油开采过程中溶解在原油中的液体添加剂;水相是指地层水、开采过程中注入油气井中的水以及溶解在水相中的其它液体添加剂;在实际情况下,油相和水相可能发生相分离,也可能油相和水相混合在一起,或是完全乳化的。其中,页岩气井口流体就属于多相流范畴。

[0003] 页岩气是指以富有机质页岩为主的储集岩系中的非常规天然气,页岩气井口开采物是一种含气率非常高的油气水三相的混合物,例如含气率在85%以上,甚至更高,例如高达95%,甚至高达99%。

[0004] 页岩气赋存于泥岩或页岩中,是连续生成的生物化学成因气、热成因气或二者的混合,具有自生自储、无气水界面、大面积连续成藏、低孔、低渗等特征,一般无自然产能或低产,需要大型水力压裂和水平井技术才能进行经济开采,单井产量很低,递减快,生产周期长。

[0005] 因此,在进入投产后如何实时准确地从页岩气井口流体中测量油相、气相和水相三相各自的流量,是生产优化管理所必需的基础数据,从而及时正确的把握页岩气井的生产动态,有效的实施增产措施,提高产量和采收率,对油气藏进行科学管理至关重要。

[0006] 现有技术中,申请号为CN201610581746.5的实用新型专利,公开了一种测量多相流中油、气、水三相各自体积分率的测量装置和测量方法,包括文丘立管、差压表、伽马射线相分率仪、旋流管、气液分离罐等,该方案通过文丘里管、伽马射线相分率仪测得气相的体积相分率后,经过旋流管、气液分离罐将多相流气液分离,再分别测出水相和油相的体积相分率,然后用总体积流量乘以各自油气水三相各自的体积相分率,得到油气水三相各自的体积流量。

[0007] 然而节流装置文丘里流量计的测量精度虽然高,但是其量程比(流量上限与流量下限之比)很小,一般在3-5之间,很难满足流量变化大的流量测量。

[0008] 另外,上述方案中采用旋流管和气液分离罐将多相流分离成气相和液相后,再进行体积分率的测量,同时在液路上进行相应的含水计量,而分流罐的设备体积较大,控制环节多,不适用于在线测量。

[0009] 再者,上述方案中测量的是油气水三相各自的体积流量,而流体体积受温度变化而变化,为了减少温度变化对测量结果的影响,不仅需要对伽马射线装置的测量结果进行温度漂移校正,每隔一段时间还需要对设备进行空管计数值(即管道内无多相流时由伽马射线接收装置测得的透射强度值)标定,以及满液和满气状态下不同单相介质的伽马射线

强度进行校准工作。

[0010] 而流体的质量是一个不随所处温度、压力的变化而变化的量,特别是,油气井产物的压力、温度及其成分是随流量条件不断变化的,采用质量流量更能准确反映实际情况,能够更合理地对油气藏管理和生产进行优化。

[0011] 综上,现有技术中单独使用文丘里流量计存在着测量范围小,分离罐体积大不适用于在线检测的缺陷,而且采用测量体积流量的方式,对测量结果有影响,需要经常性的对设备进行标定和校正工作,影响工作效率。

## 发明内容

[0012] 本发明提供一种测量范围大、体积小、工作效率高的测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置。

[0013] 本发明是通过如下技术方案来实现的:

[0014] 一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置,包括前部的三通管A、后部的导流切换装置;三通管A与导流切换装置之间通过并列设置的文丘里流量计和喷嘴流量计连通,在文丘里流量计和喷嘴流量计的入口端与喉部之间连接有取压管,取压管上设有差压变送器;导流切换装置的末端设有检测管道;检测管道的内壁设有伽马射线发射器、与伽马射线发射器位置相对的检测管道的外壁设有伽马射线接收器,伽马射线发射器内设置具有至少三种能量级的伽马放射源。

[0015] 本发明还涉及一种基于测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置的测量方法,包括以下步骤:

[0016] S1:使页岩气井口流体从三通管A的入口端流入,经过工作状态的文丘里流量计或喷嘴流量计;

[0017] S2:由差压变送器测得文丘里流量计或喷嘴流量计入口端与喉部之间的差压 $\Delta P$ ;

[0018] S3:页岩气井口流体通过检测管道,由伽马射线发射器发出射线沿管道径向穿过页岩气井口流体,并由检测管道外壁的伽马射线接收器接收,测得气相的质量相分率 $\alpha_{\text{gas}}$ 、油相质量相分率 $\alpha_{\text{oil}}$ 、水相质量相分率 $\alpha_{\text{water}}$ ;

[0019] S4:计算气相、油相和水相的混合密度 $\rho$ :

[0020]  $\rho = \rho_{\text{gas}} \times \alpha_{\text{gas}} + \rho_{\text{oil}} \times \alpha_{\text{oil}} + \rho_{\text{water}} \times \alpha_{\text{water}}$ ;

[0021] S5:计算页岩气井口流体的总质量流量 $Q_m$ :

[0022]  $Q_m = k \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho}$

[0023] 式中:k为等熵系数; $\Delta P$ 差压值,单位为kPa; $\rho$ 为页岩气的混合密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

[0024] S6:计算气相、油相和水相各自的质量流量:

[0025]  $Q_{\text{gas}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{gas}}$

[0026]  $Q_{\text{oil}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{oil}}$

[0027]  $Q_{\text{water}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{water}}$ 。

[0028] 本发明的工作原理是:

[0029] 本发明采用了喷嘴流量计与文丘里流量计并列设置的方式,组成了测量范围互补的复合型流量计,在测量范围上,文丘里流量计的量程比,一般在3-5之间,雷诺数范围在 $2 \times 10^5$ 至 $2 \times 10^6$ 之间;而喷嘴流量计的量程比可以达到10:1,其雷诺数范围在 $2 \times 10^4$ 至 $10^7$ 之

间;在测量范围上与文丘里流量计形成了互补。

[0030] 使页岩气井口流体从三通管A的入口端流入,经过工作状态的文丘里流量计或喷嘴流量计,由差压变送器测得文丘里流量计和喷嘴流量计的入口端或喉部之间的差压 $\Delta P$ ;页岩气井口流体通过检测管道,由伽马射线发射器发出射线沿管道径向穿过页岩气井口流体,求得气相的质量相分率 $\alpha_{\text{gas}}$ 、油相质量相分率 $\alpha_{\text{oil}}$ 、水相质量相分率 $\alpha_{\text{water}}$ ,根据页岩气井实际开采物标定的气相的混合密度 $\rho_{\text{gas}}$ 、油相的混合密度 $\rho_{\text{oil}}$ 、水相的混合密度 $\rho_{\text{water}}$ ,求得页岩气井口流体的混合密度 $\rho$ ;根据公式进而得到页岩气井口流体的总质量流量 $Q_m$ ,总质量流量 $Q_m$ 乘以气油水三相各自的质量相分率即可得到气油水各自的质量流量。

[0031] 在设备使用过程中,先对设备进行调试,此时导流切换装置连通检测管道与文丘里流量计或喷嘴流量计,当页岩气井口流体流入设备内,经过差压变送器测得文丘里流量计和喷嘴流量计入口端与喉部的差压 $\Delta P$ ,由于 $\Delta P$ 与页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 的平方呈正比关系,因此可根据 $\Delta P$ 判断页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 的大小;页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 的流量范围在文丘里流量计的测量范围内,导流切换装置连通检测管道与文丘里流量计所在的管道,保证了测量的精度;当页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 不在文丘里流量计的测量范围,导流切换装置连通检测管道与喷嘴流量计所在的管道,能够对文丘里流量计测量不到的流体进行测量,提高了页岩气中气油水三相流量在线检测的范围。

[0032] 本发明产生的有益效果是:

[0033] 1、文丘里流量计与喷嘴流量计结合使用,测量范围大;

[0034] 2、结构简单、体积小,便于维护,能够在线测量页岩气中油相、气相和水相质量流量;

[0035] 3、采用测量页岩气井口流体中油相、气相和水相质量流量的方式,能够避免温度变化对测量体积的影响,避免对伽马射线装置的测量结果进行温度漂移校正和每隔一段时间对设备在空管状态下伽马射线的强度进行校准的工作,提高了油气在线检测的效率。

## 附图说明

[0036] 图1为本发明一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置中喷嘴流量计工作状态示意图。

[0037] 图2为本发明一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置中文丘里流量计工作状态示意图。

[0038] 图中:1、三通管A;2、导流切换装置;3、文丘里流量计;4、喷嘴流量计;5、取压管;6、差压变送器;7、检测管道;8、伽马射线发射器;9、伽马射线接收器;10、温度感应器。

## 具体实施方式

[0039] 下面将根据附图结合具体实施例对一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置进行详细地描述:

[0040] 首先,在本发明中,质量相分率是指页岩气中各相所占的质量百分比,且满足以下条件: $\alpha_{\text{gas}}+\alpha_{\text{oil}}+\alpha_{\text{water}}=1$ ,其中 $\alpha_{\text{oil}}$ 表示油相质量相分率, $\alpha_{\text{water}}$ 表示水相质量相分率, $\alpha_{\text{gas}}$ 表示气相质量相分率。

[0041] 线性质量吸收系数是指每平方厘米每克厚的吸收物质,所减少的伽马射线强度的

百分数,单位为 $\text{g}/\text{cm}^2$ 。

[0042] 根据页岩气井实际开采物标定的油相的混合密度、水相的混合密度、气相的混合密度、油相线性质量吸收系数、水相线性质量吸收系数和气相线性质量吸收系数,就可以唯一确定被测页岩气的油、气、水各相质量相分率,其计算方式如下:

$$[0043] \quad \alpha_{\text{oil}} = \frac{Q_o}{Q_o + Q_w + Q_g};$$

$$[0044] \quad \alpha_{\text{gas}} = \frac{Q_g}{Q_o + Q_w + Q_g};$$

$$[0045] \quad \alpha_{\text{water}} = \frac{Q_w}{Q_o + Q_w + Q_g};$$

[0046] 其中:

$$[0047] \quad \theta = \frac{(k_2 - 1)(d_1 - d_2) - (k_2 - k_4)(d_1 - \theta)}{(k_2 - 1)(k_1 - k_3) - (k_2 - k_4)(k_1 - 1)} - \frac{(k_1 - 1)(d_1 - d_2) - (k_1 - k_3)(d_1 - \theta)}{(k_1 - 1)(k_2 - k_4) - (k_1 - k_3)(k_2 - 1)}$$

$$[0048] \quad Q_g = \frac{(k_2 - 1)(d_1 - d_2) - (k_2 - k_4)(d_1 - \theta)}{(k_2 - 1)(k_1 - k_3) - (k_2 - k_4)(k_1 - 1)}$$

$$[0049] \quad Q_w = \frac{(k_1 - 1)(d_1 - d_2) - (k_1 - k_3)(d_1 - \theta)}{(k_1 - 1)(k_2 - k_4) - (k_1 - k_3)(k_2 - 1)}$$

$$[0050] \quad \theta = \frac{\pi}{4} \left( \frac{c}{\sqrt{1 - \beta}} \varepsilon D \gamma \right)^2 \Delta P$$

$$[0051] \quad k_1 = \frac{a_{g,1}^{-a_{g,2}}}{a_{o,1}^{-a_{o,2}}}$$

$$[0052] \quad k_2 = \frac{a_{w,1}^{-a_{w,2}}}{a_{o,1}^{-a_{o,2}}}$$

$$[0053] \quad d_1 = \frac{1}{a_{o,1}^{-a_{o,2}}} \ln \left( \frac{1}{f} \frac{N_{x,2}}{N_{x,1}} \right)$$

$$[0054] \quad k_3 = \frac{a_{g,1}^{-a_{g,3}}}{a_{o,1}^{-a_{o,3}}}$$

$$[0055] \quad k_4 = \frac{a_{w,1}^{-a_{w,3}}}{a_{o,1}^{-a_{o,3}}}$$

$$[0056] \quad d_2 = \frac{1}{a_{o,1}^{-a_{o,3}}} \ln \left( \frac{1}{f_2} \frac{N_{x,3}}{N_{x,1}} \right)$$

[0057] 式中:

[0058]  $Q_o$ 、 $Q_g$ 、 $Q_w$ 为油相线性质量、气相线性质量、水相线性质量;

[0059]  $C$ 为流出系数;

[0060]  $\varepsilon$ 为压缩系数;

[0061]  $\Delta P$ 为差压值;

[0062]  $D_\gamma$ 伽马射线穿过流体的厚度,单位mm;

[0063]  $N_{x,1}$ 、 $N_{x,2}$ 、 $N_{x,3}$ 分别为三种能量级的伽马射线的透射强度,为测量值;

[0064]  $\alpha_{o,1}$ 、 $\alpha_{o,2}$ 、 $\alpha_{o,3}$ 为油相分别对三种伽马射线在工况条件下的线性质量吸收系数;

[0065]  $\alpha_{g,1}$ 、 $\alpha_{g,2}$ 、 $\alpha_{g,3}$ 为气相分别对三种伽马射线在工况条件下的线性质量吸收系数;

[0066]  $\alpha_{w,1}$ 、 $\alpha_{w,2}$ 、 $\alpha_{w,3}$ 为水相分别对三种伽马射线在工况条件下的线性质量吸收系数;

[0067]  $f_1$ 、 $f_2$ 分别为第二股伽马射线和第三股伽马射线的初始强度相对于第一股伽马射线的初始强度的比值,是天然恒定的系数,不随任何测量条件而改变。

[0068] 一种测量页岩气井口流体质量流量的复合式装置,包括前部的三通管A1、后部的导流切换装置2;三通管A1与导流切换装置2之间通过并列设置的文丘里流量计3和喷嘴流量计4连通,在文丘里流量计3和喷嘴流量计4的入口端与喉部之间连接有取压管5,取压管5上设有差压变送器6;导流切换装置2的末端设有检测管道7;检测管道7的内壁设有伽马射线发射器8与伽马射线发射器8位置相对的检测管道7的外壁设有伽马射线接收器9,伽马射线发射器8内设置具有至少三种能量级的伽马放射源。

[0069] 采用了喷嘴流量计4与文丘里流量计3并列设置的方式,组成了测量范围互补的复合型流量计,在测量范围上,文丘里流量计3的量程比,一般在3-5之间,雷诺数范围在 $2 \times 10^5$ 至 $2 \times 10^6$ 之间;而喷嘴流量计4的量程比可以达到10:1,其雷诺数范围在 $2 \times 10^4$ 至 $10^7$ 之间;在测量范围上与文丘里流量计3形成了互补,测量范围大

[0070] 其中,伽马放射源发出的伽马射线能够沿径向穿过流体,到达检测管道7外壁的伽马射线接收器9;伽马放射源是能够天然发出至少三种能量级的伽马射线,伽马射线接收器9是具有伽马射线全能谱测量与分析能力。

[0071] 使页岩气井口流体从三通管A 1的入口端流入,经过工作状态的文丘里流量计3或喷嘴流量计4,由差压变送器6测得文丘里流量计3和喷嘴流量计4入口端与喉部之间的差压 $\Delta P$ ;页岩气井口流体通过检测管道7,由伽马射线发射器8发出射线沿管道径向穿过页岩气井口流体,求得气相的质量相分率 $\alpha_{gas}$ 、油相质量相分率 $\alpha_{oil}$ 、水相质量相分率 $\alpha_{water}$ ,根据页岩气井实际开采物标定的气相的混合密度 $\rho_{gas}$ 、油相的混合密度 $\rho_{oil}$ 、水相的混合密度 $\rho_{water}$ ,求得页岩气井口流体的混合密度 $\rho$ ;根据公式进而得到页岩气井口流体的总质量流量 $Q_m$ ,总质量流量 $Q_m$ 乘以气油水三相各自的质量相分率即可得到气油水各自的质量流量。

[0072] 在设备使用过程中,先对设备进行调试,此时导流切换装置2连通检测管道7与文



丘里流量计3或喷嘴流量计4,当页岩气井口流体流入设备内,经过差压变送器6测得文丘里流量计3和喷嘴流量计4入口端与喉部的差压 $\Delta P$ ,由于 $\Delta P$ 与页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 的平方呈正比关系,因此可根据 $\Delta P$ 直接判断页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 的大小。

[0073] 当页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 的流量范围在文丘里流量计3的测量范围内,导流切换装置2连通检测管道7与文丘里流量计3所在的管道,保证了测量的精度;当页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ 不在文丘里流量计3的测量范围,导流切换装置2连通检测管道7与喷嘴流量计4所在的管道,能够对文丘里流量计3测量不到的流体进行测量,提高了页岩气井口流体中气油水三相流量在线检测的范围,并且结构简单、体积小,便于维护。

[0074] 在本具体实施例中,导流切换装置2是三通L型防爆电动阀,符合油气领域的防爆要求,并能通过控制装置智能控制管道的切换。

[0075] 在其它实施例中,导流切换装置2还可以由三通管B以及位于三通管B的两个入口端的两个单向电动阀构成。

[0076] 在本具体实施例中,取压管5上还设有温度感应器10,温度感应器10用于测量页岩气温度是否处于差压变送器6是否在工作范围内,如超温使用,将产生较大的测量误差并影响差压变送器6的使用寿命,因此在使用中,在必要的情况下需要根据温度对差压变送器6进行补偿校正,使其受温度影响产生的测量误差处于准确度等级要求的范围内。

[0077] 在本具体实施例中,伽马射线发射器8内装有伽马放射源 $Ba^{133}$ ,其发出的伽马射线具有31keV、81keV和356keV三种能量能级。

[0078] 参照国际原子能机构的有关规定,按照放射源对人体健康和环境的潜在危害程度,从高到低将放射源分为I、II、III、IV、V类,其中V类源的下限活度值为该种核素的豁免活度。

[0079] 在本具体实施例中,采用的是活度小于V类放射源的豁免级 $Ba^{133}$ ,对人体影响极小,保证了制造运输展示及应用的安全性。

[0080] 由于采用豁免级伽马放射源,为了保证伽马射线接收器9接收到的射线尽量多;伽马射线发射器8距离与之相对的检测管道7内壁的径向距离为12.5mm至50mm之间,在本具体实施例中,此距离为30mm。

[0081] 一种测量页岩气井口流体中油相、气相和水相质量流量的方法,过程如下:

[0082] S1:使页岩气井口流体从三通管A1的入口端流入,经过工作状态的文丘里流量计3或喷嘴流量计4;

[0083] S2:由差压变送器6测得文丘里流量计3或喷嘴流量计4入口端与喉部之间的差压 $\Delta P$ ;

[0084] S3:页岩气井口流体通过检测管道7,由伽马射线发射器8发出射线沿管道径向穿过页岩气井口流体,并由检测管道7外壁的伽马射线接收器8接收,测得气相的质量相分率 $\alpha_{gas}$ 、油相质量相分率 $\alpha_{oil}$ 、水相质量相分率 $\alpha_{water}$ ;

[0085] S4:计算气相、油相和水相的混合密度 $\rho$ :

[0086]  $\rho = \rho_{gas} \times \alpha_{gas} + \rho_{oil} \times \alpha_{oil} + \rho_{water} \times \alpha_{water}$ ;

[0087] 式中: $\rho_{gas}$ 为气相的混合密度,单位 $kg/m^3$ ;

[0088]  $\rho_{oil}$ 为油相的混合密度,单位 $kg/m^3$ ;

[0089]  $\rho_{water}$ 为水相的混合密度,单位 $kg/m^3$ ;

[0090] S5:计算页岩气井口流体总质量流量 $Q_m$ :  $Q_m = k \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho}$

[0091] 式中: $k$ 为等熵系数; $\Delta P$ 差压值,单位为kPa; $\rho$ 为气相、油相和水相的混合密度,kg/m<sup>3</sup>;

[0092] S6:计算气相、油相和水相各自的质量流量:

[0093]  $Q_{\text{gas}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{gas}}$

[0094]  $Q_{\text{oil}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{oil}}$

[0095]  $Q_{\text{water}} = Q_m \cdot \alpha_{\text{water}}$ ;

[0096] 式中: $Q_{\text{gas}}$ 为气相的质量流量,单位为kg/h,

[0097]  $Q_{\text{oil}}$ 为油相的质量流量,单位为kg/h;

[0098]  $Q_{\text{water}}$ 为水相的质量流量,单位为kg/h;

[0099]  $Q_m$ 为页岩气井口流体的总质量流量,单位为kg/h;

[0100]  $\alpha_{\text{gas}}$ 为气相的质量相分率;

[0101]  $\alpha_{\text{oil}}$ 为油相质量相分率;

[0102]  $\alpha_{\text{water}}$ 为水相质量相分率;

[0103] 其中, $k$ 值可根据GBT2624-2006中的公式测得,

$$[0104] \quad k = 0.126447 \cdot \frac{C \cdot \varepsilon}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$[0105] \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{k \tau^{2/k} \frac{1 - \beta^4}{k - 1} \frac{1 - \tau^{\frac{k-1}{k}}}{1 - \tau}}{k - 1 \frac{1 - \beta^4 \tau^{2/k}}{1 - \tau}}}$$

$$[0106] \quad \beta = \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{D};$$

[0107] 式中: $\beta$ 为当量直径比;

[0108]  $D$ 为文丘里管流量计3或喷嘴流量计4入口管道直径,单位mm;

[0109]  $d$ 为文丘里管流量计3或喷嘴流量计4喉部管道直径,单位mm;

[0110]  $\varepsilon$ 为压缩系数;

[0111]  $\tau$ 为有差压变送器6测得的文丘里管流量计3或喷嘴流量计4喉部的压力 $P_2$ 和入口端的压力 $P_1$ 的比值;

[0112]  $C$ 为流出系数;可根据以下经验公式得到:

$$[0113] \quad C = 1 - \left(1 - \frac{0.0254}{D + 0.0254}\right) \beta + \left(2.5 - \frac{0.1638}{D + 0.1635}\right) \beta^2 - \left(2.15 - \frac{0.2313}{D + 0.1194}\right) \beta^3$$

[0114] 在本具体实施例中,用于接收差压变送器6、温度感应器10检测信号,并控制三通L型防爆电动阀的控制装置为ARM处理器。

[0115] 应理解实施例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作任何各种改动和修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限制。

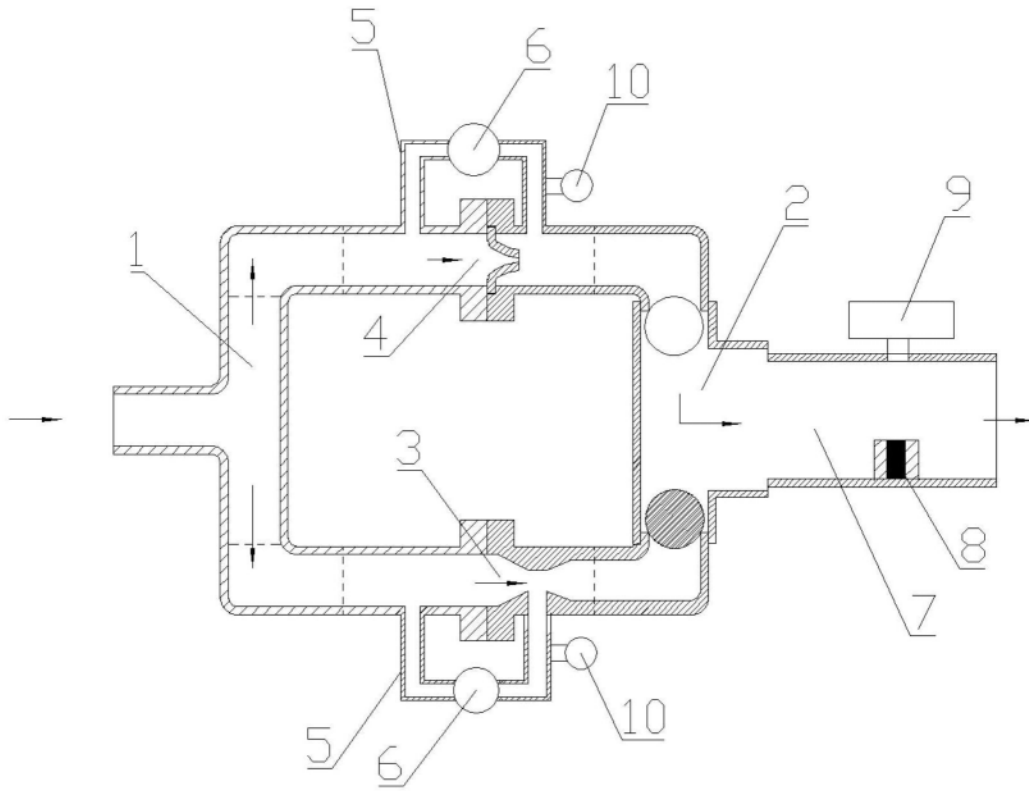


图1

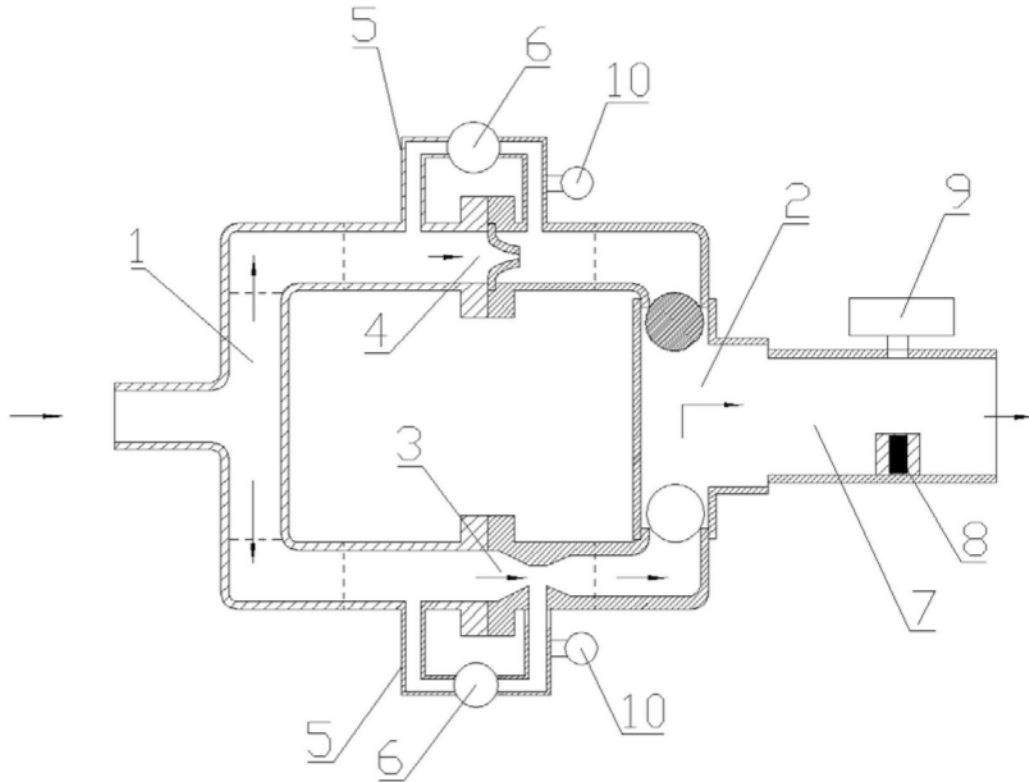


图2