



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105089591 B

(45)授权公告日 2017.09.01

(21)申请号 201510345681.X

(22)申请日 2015.06.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105089591 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

(72)发明人 邓中先 李树全 金璐 乔沐

黄丽 何金宝 杨清玲 王喆

沈敏 邓煜桐 吴昊

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 姚亮

(51)Int.Cl.

E21B 43/24(2006.01)

G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 102080536 A, 2011.06.01,

CN 202039840 U, 2011.11.16,

CN 103726834 A, 2014.04.16,

US 4123937, 1978.11.07,

WO 2008/058298 A1, 2008.05.15,

审查员 李东鹏

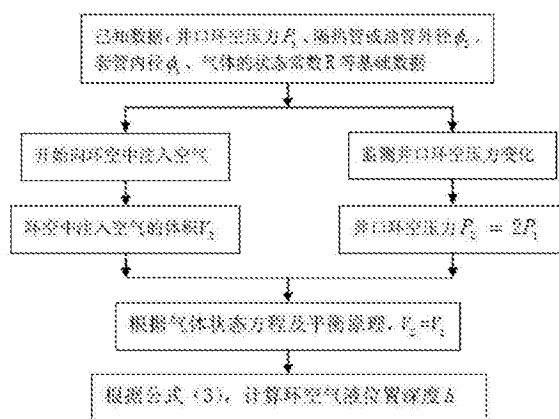
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种确定注蒸汽井环空气液界面的方法

(57)摘要

本发明提供了一种确定注蒸汽井环空气液界面的方法。该方法包括：向环空注入气体，当压力达到注入气体前环空压力的2倍时，停止注入气体，此时注入的气体的体积即为环空气体的体积；根据环空气体的体积、套管内径以及隔热管或油管外径，求得从井口到液面的环空气液界面的深度，完成注蒸汽井环空气液界面的确定。本发明提供的上述方法可以准确确定气液界面的距离，为实施井筒积液清除提供准确可靠的技术参数支持。



1. 一种确定注蒸汽井环空气液界面的方法,该方法包括以下步骤:

步骤一:向环空注入气体,当压力达到注入气体前环空压力的2倍时,停止注入气体,此时注入的气体的体积即为环空气体的体积;

步骤二:根据环空气体的体积、套管内径以及隔热管或油管外径,求得从井口到液面的环空气液界面的深度,完成注蒸汽井环空气液界面的确定;

其中,根据 $h = \frac{4V_1}{\pi(\phi_1^2 - \phi_2^2)} \times 10^6$,求得从井口到液面的环空气液界面的深度h,其

中, V_1 为环空气体的体积,单位为 m^3 , ϕ_1 为套管内径,单位为mm; ϕ_2 为隔热管或油管外径,单位为mm。

2. 根据权利要求1所述的确定注蒸汽井环空气液界面的方法,其中,所述步骤一中,通过空气压缩机向环空注入气体。

3. 根据权利要求1所述的确定注蒸汽井环空气液界面的方法,其中,在步骤一中,所述气体包括空气。

一种确定注蒸汽井环空气液界面的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种环空气液界面的确定方法,尤其涉及一种注蒸汽井的环空气液界面的确定方法,属于石油开采技术领域。

背景技术

[0002] 在稠油井的注蒸汽开发过程中,为了减少注汽井的井筒热损失,通常采用下入隔热油管,且保持隔热油管和套管环空的干燥清洁环境下进行注汽,这种注蒸汽井筒环境可以保证蒸汽向地层散热过程热损失最小,注汽热效率最高。但是,在油井实际注汽过程中,由于油井洗井液难以排除以及注汽封隔器漏失等方面的原因,在隔热管和套管环空大多存在高温水,有的井甚至整个油套环空完全是水,而环空中的水将大大提高注蒸汽过程的井筒总传热系数,导致井筒热损失成倍的增加。对稠油注蒸汽井环空液面的监测,并有效实施井筒积液的清除,是稠油热采工作中一项非常重要的节能增效工作。

[0003] 目前,油套环空液面监测方法主要采用回声法,其原理是在井口利用药弹爆炸发声或高压气瓶作为声源,产生的振动波沿油管、套管内的环行空间向下传播,遇到液面产生反射波,利用井口微音器接收反射波并计算液面的深度。

[0004] 另外一些测试方法如浮筒法、压力计探测法和示功图法等。其中,浮筒法中利用浮筒探测汽液界面的工艺受到浮筒重量和浮筒体积的限制,一般只能在油套环形空间没有压力的环空井和敞开井中作业井使用。压力计探测油井井下气液界面的方法与测压方法基本相同,由压力梯度突变值确定气液界面,但是存在施工复杂、测试周期长的弊病。而示功图法利用连通器原理,该方法操作简单、成本低,但存在后期数据处理难度大、误差较大的缺点。

[0005] 由于稠油注蒸汽井环空存在高温、高压,且环空液体是高温水,一般温度都在100℃以上,最高可至350℃,最高压力达到10MPa以上,上述的常规测试方法从操作安全性、施工难度、施工成本、测试精度方面都难以达到要求。

[0006] 因此,稠油注蒸汽井环空的气液界面的确定方法,成为了本领域亟待解决的问题之一。

发明内容

[0007] 为了解决上述问题,本发明的目的在于提供一种注蒸汽井环空气液界面的确定方法,该方法可以准确有效的确定环空界面的距离,为实施井筒积液清除提供准确可靠的技术参数支持。

[0008] 为了达到上述目的,本发明提供了一种确定注蒸汽井环空气液界面的方法,该方法包括以下步骤:

[0009] 步骤一:向环空注入气体,当压力达到注入气体前环空压力的2倍时,停止注入气体,此时注入的气体的体积即为环空气体的体积;

[0010] 步骤二:根据环空气体的体积、套管内径以及隔热管或油管外径,求得从井口到液

面的环空气液界面的深度,完成注蒸汽井环空气液界面的确定。

[0011] 在本发明提供的确定注蒸汽井环空气液界面的方法中,优选地,根据

$$h = \frac{4V_1}{\pi(\phi_1^2 - \phi_2^2)} \times 10^6, \text{求得从井口到液面的环空气液界面的深度} h, \text{单位为} m, \text{其中}, V_1$$

为环空气体的体积,单位为 m^3 , ϕ_1 为套管内径,单位为 mm ; ϕ_2 为隔热管或油管外径,单位为 mm 。

[0012] 在本发明提供的确定注蒸汽井环空气液界面的方法中,优选地,步骤一中通过空气压缩机向环空注入气体。

[0013] 在本发明提供的上述方法中,采用空气压缩机向环空充入气体,主要是因为空气压缩机的注气压力比较高,可以满足不同级别压力井的测试要求。

[0014] 在本发明提供的确定注蒸汽井环空气液界面的方法中,优选地,在步骤一中,所述气体包括空气。

[0015] 在本发明提供的确定注蒸汽井环空气液界面的方法中,优选地,该方法具体包括以下步骤:

[0016] 步骤一:向环空注入气体,监测井口环空压力的变化,当压力达到注入气体前环空压力的2倍时,停止注入气体,此时注入的气体的体积即为环空气体的体积;

[0017] 步骤二:根据 $h = \frac{4V_1}{\pi(\phi_1^2 - \phi_2^2)} \times 10^6$, 求得从井口到液面的环空气液界面的深

度,其中, V_1 为环空气体的体积,单位为 m^3 , ϕ_1 为套管内径,单位为 mm ; ϕ_2 为隔热管或油管外径,单位为 mm ,完成注蒸汽井环空气液界面的确定。

[0018] 本发明提供的上述方法,将环空空气视为理想气体,利用理想气体状态方程完成。在本发明的确定方法中由于测试时间比较短,假定测试期间井筒环空的液面位置视为静止,本发明提供的方法具体包括以下步骤:

[0019] 首先,采用空气压缩机向环空中注入气体,由于气体的连续注入,环空气体压力会逐渐升高,采用压力监测装置连续监测环空气体的压力,当压力达到注入气体前环空压力的2倍时,停止注入气体;

[0020] 上述步骤,主要是根据以下步骤实施的:

[0021] 环空中上部分是空气,下部分是高温水,如图1所示,假设上部分环空体积为 V_1 ,压力为 P_1 ;通过调节井口注气压力与环空压力保持平衡,较短时间内完成气体注入,这里假定注入空气与井筒环空相同条件时,注入的体积也是 V_1 ,压力也为 P_1 ;由于温度变化不大,将注入气体的过程视为气体压缩的等温变化过程,如图2所示,根据理想气体状态方程: $PV = nRT$,以及气体等温变化过程可知,当环空中的气体压力为注入前的2倍时,说明此时的注入气体量达到井筒内环空相同的体积 V_1 ;

[0022] 然后,由于实际注入的气体量可以通过空气压缩机获得,一般是标准条件的空气体积,根据井筒压力条件,再次应用气体状态方程,可以得到环空中气体体积 V_1 的大小;

[0023] 上述步骤是根据以下步骤实施的:

[0024] 空气压缩机提供的注入气体的体积为 V_0 ,压力为 P_0 (均在标准状态下),环空气体的气体体积为 V_1 ,压力为 P_1 (井筒环境),根据以下公式:

[0025] 状态一： $P_0 \times V_0 = n_0 R_0 T_0$

[0026] 状态二： $P_1 \times V_1 = n_0 R_0 T_0$

[0027] 根据气体等温状态方程可知， $P_0 \times V_0 = P_1 \times V_1$ ，即 $V_1 = (P_0 \times V_0) / P_1$ ，其中， P_0 为空气压缩机充入气体的压力(标准状态)，单位为MPa； V_0 为空气压缩机充入气体的体积(标准状态)，单位为 m^3 ； n_0 为空气压缩机充入气体的摩尔数，单位mol； R_0 为空气压缩机充入气体的状态常数，无因次； T_0 为空气压缩机充入气体的绝对温度(标准状态)，单位为K；

[0028] 最后，根据隔热管或油管的外径和套管的内径，根据公式
$$h = \frac{4V_1}{\pi(\phi_1^2 - \phi_2^2)} \times 10^6,$$

计算出环空气液界面位置高度，其中， h 为环空气液位置深度(从井口到液面)，单位为m； ϕ_1 为套管内径，单位为mm； ϕ_2 为隔热管或油管外径，单位为mm， V_1 为环空气体的气体体积，单位为 m^3 。

[0029] 在本发明提供的上述确定方法中，试验步骤均在常温常压下进行，并假设所有气体均为理想气体。

[0030] 本发明的上述确定方法，依据空气压缩机能够提供较大排气量的情况，提出采用2倍压力法进行注入量的设定，解决了其他注入量时带来的压力的复杂观察与识读，提高了监测与计算结果的准确性；本发明的上述确定方法忽略了温度的影响，使得参数的获得更为精简，程序更为直接，因为空气压缩机压缩出来的空气一般情况下温度较高($\geq 90^\circ\text{C}$)，该温度值与注汽井环空温度值接近，因此按照等温过程考虑是合理的，没有必要进行实际温度的测定和录取，因为注汽条件下，注汽井环空温度的测定非常困难，基本难以获得这种数据。本发明的上述确定方法主要针对稠油注汽井，由于环空存在高温、高压，且环空液体是高温水，其他的常规测试方法从操作安全性、施工难度、施工成本、测试精度方面都难以达到要求。

[0031] 本发明提供的上述确定方法，利用气体状态方程，可以简易完成高温注蒸汽井环空液面位置的测定，该方法是一种间接测试动液面的方法，具有可信度高、实用性强、测试精度高、成本低的优点。

附图说明

[0032] 图1为本发明的注蒸汽井注入蒸汽时井筒内的流体流动情况示意图；

[0033] 图2为本发明的理想气体压缩示意图；

[0034] 图3为实施例1的确定注蒸汽井环空气液界面的方法的工艺流程图。

具体实施方式

[0035] 为了对本发明的技术特征、目的和有益效果有更加清楚的理解，现对本发明的技术方案进行以下详细说明，但不能理解为对本发明的可实施范围的限定。

[0036] 实施例1

[0037] 本实施例提供了一种确定注蒸汽井环空气液界面的方法，具体工艺流程如图3所示，已知辽河油田某试验区块某注汽井，其井身结构数据见表1，注汽参数数据见表2。

[0038] 表1 某注汽井井身结构数据

[0039]

套补距	4.60m
油补距	4.28m
喇叭口	786.65m
射孔井段	802.5-850.2m
厚度/层数	23.4m/9层
最大井斜	13°3′
深度	925m
人工井底	936.0m
完井方式	射孔
套管外径	177.8mm
套管内径	161.7mm
套管下深	934.45m
完钻井深	940.0m
隔热油管内管内半径	31mm
隔热油管内管外半径	36.5mm
隔热油管外管内半径	50.9mm
隔热油管外管外半径	57.2mm

[0040] 表2 某注汽井注汽参数数据

[0041]

锅炉出口温度(℃)	345.0
锅炉出口压力(MPa)	15.0
锅炉出口排量(t/h)	7.5
锅炉出口干度(%)	75.2
注汽方式	一炉一井
设计注汽量(m3)	2400
测时注汽量(m3)	2190
井口温度(℃)	336.86
井口压力(MPa)	14.373
套管环空压力(MPa)	0.3

[0042] 已知套管环空初始值压力值为 $P_1=0.3\text{MPa}$ (即空气压缩机注入气体的压力),利用空气压缩机对这口井进行环空快速注空气,监测井口套管环空的压力,当套管环空压力值为初始值2倍时(即套管环空压力值为 $P_2=2P_1=0.6\text{MPa}$ 时),停止注入空气,记录空气压缩机此时已注入空气的体积为 $V_2=1.27\text{m}^3$,根据气体状态方程及平衡原理可知,空气压缩机此时已注入空气的体积 V_2 就是环空的气体体积 V_1 ,即 $V_1=1.27\text{m}^3$ 。

[0043] 结合记录分析得出的数据与公式(3),得出环空气液位置深度 h 为:

[0044] 公式(3):
$$h = \frac{4V_1}{\pi(\phi_1^2 - \phi_2^2)} \times 10^6 = \frac{4 \times 1.27}{3.14 \times (161.7^2 - (57.2 \times 2)^2)} \times 10^6 \approx 123.9\text{m}$$

[0045] 上述辽河油田某试验区块某注汽井通过回声仪测出的环空气液位置约为125m,表

明了本发明提供的确定注蒸汽井环空气液界面的方法的准确性与合理性。

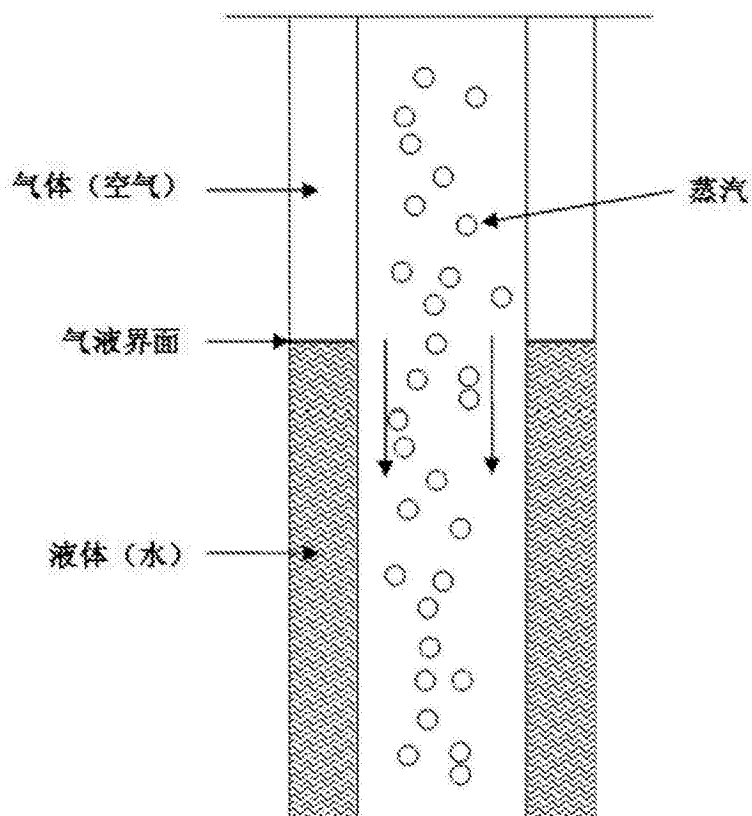


图1

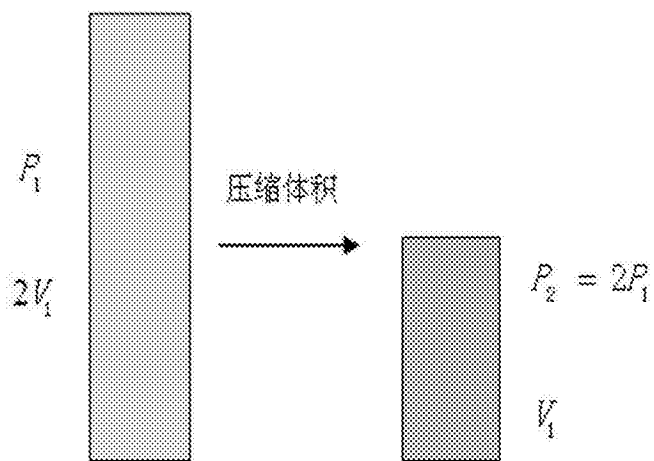


图2

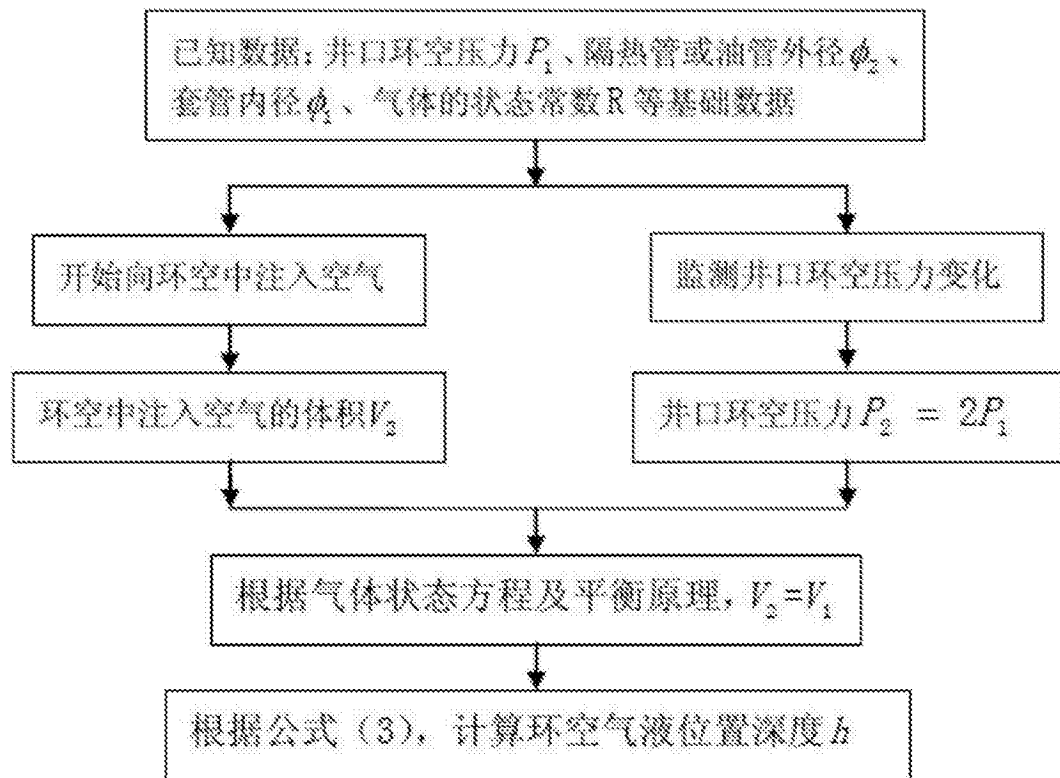


图3