



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106525655 A

(43)申请公布日 2017. 03. 22

(21)申请号 201610985253.8

(22)申请日 2016.10.25

(71)申请人 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

申请人 大庆油田有限责任公司

(72)发明人 刘宏生 韩培慧 陈广宇 孙刚

姜彬 吕昌森 郭松林 崔长玉

曹瑞波

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

代理人 鲁兵

(51)Int.Cl.

G01N 11/04(2006.01)

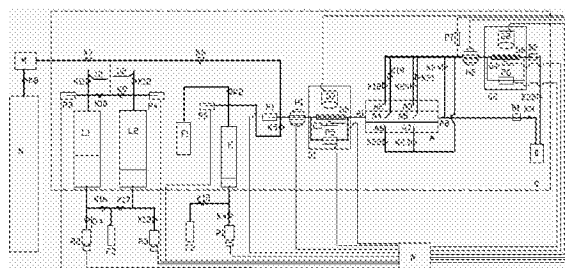
权利要求书4页 说明书11页 附图1页

### (54)发明名称

一种气液注入模拟驱油和流体性能测定装置及方法

### (57)摘要

本发明提供一种气液注入模拟驱油和流体性能测定装置及方法,所述装置包括模拟油藏的模型系统、向模型系统注入驱替介质的注入系统、对模型系统的流出液进行计量采集的流出液计量采集系统和用于获取岩心中流体性能的测定系统,所述测定系统包括:第一质量流量计和第一可视毛细管、第二质量流量计和第二可视毛细管。本发明装置通过设置可视毛细管、质量流量计和压差传感器,测定流体在进入岩心前、在岩心中不同层位不同位置以及流出岩心后的流体形态及运动粘度,有助于分析注入流体或注入流体与原油混合后在地层中的运动状态和速度,为研究流体运移规律和驱油机理提供技术支持;通过质量流量计准确计量气体、液体或气液混合物流体的流速及流量。



1. 一种气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,包括模拟油藏的模型系统、向模型系统注入驱替介质的注入系统和对模型系统的流出液进行计量采集的流出液计量采集系统,所述模型系统包括岩心夹置器(A),其特征在于,还包括用于获取岩心中流体性能的测定系统,所述测定系统包括:

第一质量流量计(H1)和第一可视毛细管(G5),二者串联连接在岩心夹置器(A)的岩心夹置器入口(A1)端,第一质量流量计(H1)的入口端处设置有第一压力传感器(P1);第一质量流量计(H1)的入口端连接到所述注入系统;

第二质量流量计(H2)和第二可视毛细管(G6),二者通过气动阀(K24)串联连接到岩心夹置器(A)的岩心夹置器出口(A8),并且岩心流体采集点(A2-A7)分别通过气动阀(K18-K23)连接到第二质量流量计(H2)的入口端,第二质量流量计(H2)入口端设置第五压力传感器(P7);第二可视毛细管(G6)的出口端连接到所述流出液计量采集系统。

2. 根据权利要求1所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述流出液计量采集系统包括第一回压阀(B1)、第二回压阀(B2)、气动阀(K3)、气动阀(K25)和油气水计量装置(D),第二可视毛细管(G6)的出口端依次通过第二回压阀(B2)、气动阀(K25)连接到油气水计量装置(D),岩心夹置器(A)的岩心夹置器出口(A8)依次通过第一回压阀(B1)、气动阀(K3)连接到油气水计量装置(D)。

3. 根据权利要求2所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述第一可视毛细管(G5)位于岩心夹置器(A)的岩心夹置器入口(A1)端且与管线相连,沿第一可视毛细管(G5)长度方向平行的一侧设有第一光源(G3),另一侧设有第一高倍摄像机(G7),第一可视毛细管(G5)的入口和出口之间并联有第一压差传感器(P5)用以测量第一可视毛细管(G5)入口和出口之间的压力差。

4. 根据权利要求2或3所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述第二可视毛细管(G6)位于岩心夹置器出口(A8)端与管线相连,沿第二可视毛细管(G6)长度方向平行的一侧设有第二光源(G4),另一侧设有第二高倍摄像机(G8),第二可视毛细管(G6)的入口和出口之间并联有第二压差传感器(P6)。

5. 根据权利要求4所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述注入系统包括向模型系统注入气体的气体注入系统和向模型系统注入液体的液体注入系统。

6. 根据权利要求5所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述气体注入系统包括:

并联连接的第一气体活塞容器L1和第二气体活塞容器L2,其中,

所述第一气体活塞容器(L1)的上端开口处设有气动阀(K10)和用于测量第一气体活塞容器(L1)内部气体压力的第三压力传感器(P3),第一气体活塞容器(L1)的上端开口通过气动阀(K11)与第一排空管(U1)相连通;第一气体活塞容器(L1)的下端开口通过气动阀(K14)连接到第二恒压恒速泵(R2)、通过气动阀(K16)连接到第三液体接收容器(F3);

第二气体活塞容器(L2)的上端开口处设有气动阀(K9)和用于测量第二气体活塞容器(L2)内部气体压力的第四压力传感器(P4),第二气体活塞容器(L2)的上端开口通过气动阀(K12)与第二排空管(U2)相连通;第二气体活塞容器(L2)的下端开口通过气动阀(K13)连接到第三恒压恒速泵(R3)、通过气动阀(K17)连接到第三液体接收容器(F3);

用于存储高压气体的高压气瓶(N),所述高压气瓶(N)通过气动阀(K8)连接到一气体增

压泵(M),所述气体增压泵(M)通过气动阀(K7)连接到气动阀(K9)和气动阀(K10)的交接处,气动阀(K7、K9、K10)的交接处通过气动阀(K6)连接到第一质量流量计(H1)的入口端。

7.根据权利要求5所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述液体注入系统包括液体活塞容器(E),所述液体活塞容器(E)的上端入口处设置有用于测量液体活塞容器(E)中液体压力的第二压力传感器(P2),液体活塞容器(E)的上端开口分别通过气动阀(K2)与第一液体接收器(F1)相连以及通过气动阀(K5)连接到第一质量流量计(H1)的入口端;所述液体活塞容器(E)的下端开口通过气动阀(K4)与第一恒压恒速泵(R1)相连,并通过气动阀(K15)与第二液体接收容器(F2)相连。

8.根据权利要求5或6所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述岩心夹置器(A)、第一回压阀(B1)、第二回压阀(B2)、油气水计量装置(D)、液体活塞容器(E)、液体接收容器(F1)、第一质量流量计(H1)、第二质量流量计(H2)、第一气体活塞容器(L1)、第二气体活塞容器(L2)以及第一不透光箱(G1)和第二不透光箱(G2)均置于恒温箱(Q)中。

9.根据权利要求5或6所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,其特征在于,所述第一质量流量计(H1)、第二质量流量计(H2)、气动阀(K1-K25)、各压力传感器(P1-P4, P7)、各压差传感器(P4, P5)、恒温箱(Q)、各恒压恒速泵(R1-R3)、第一光源(G3)、第二光源(G4)、第一高倍摄像机(G7)、第二高倍摄像机(G8)、气体增压泵M均电连接到计算机(W)。

10.一种气液注入模拟驱油和流体性能测定方法,所述方法采用权利要求1至9任一项所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置进行气液注入模拟驱油实验以及对岩心中流体性能进行测定,包括以下步骤:

步骤一:将三层非均质含油岩心放入岩心夹置器(A)中,液体装入液体活塞容器(E)中,高压气瓶(N)中气体种类满足所述模拟驱油实验的设计,第一气体活塞容器(L1)和第二气体活塞容器(L2)中的活塞位于顶部,所有气动阀均处于关闭状态,计算机(W)控制恒温箱(Q)加热至模拟驱油实验预设温度;计算机(W)控制第一光源(G3)和第二光源(G4)开启,并控制第一高倍摄像机(G7)和第二高倍摄像机(G8)开启;

步骤二:计算机(W)控制气动阀(K8, K7, K10, K16)开启,高压气瓶(N)中的气体通过气体增压泵(M)和气动阀(K8, K7, K10)进入第一气体活塞容器(L1)中,当第一气体活塞容器(L1)中的活塞被推到底部,计算机(W)控制气动阀(K10, K16)关闭;计算机(W)控制气动阀(K9, K17)开启,高压气瓶(N)中的气体通过增压泵(M)和气动阀(K8, K7, K9)进入第二气体活塞容器(L2)中,当第二气体活塞容器(L2)中的活塞被推到底部,计算机(W)控制气动阀(K8, K7, K9, K17)关闭;

步骤三:根据模拟驱油实验设计的回压设定第一回压阀(B1)的压力值,计算机(W)控制气动阀(K4, K13, K14)开启,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)、第二恒压恒速泵(R2)和第三恒压恒速泵(R3)分别对液体活塞容器(E)、第一气体活塞容器(L1)、第二气体活塞容器(L2)加压,当第二压力传感器(P2)、第三压力传感器(P3)或第四压力传感器(P4)的压力值与第一回压阀(B1)的压力值相等时,计算机(W)控制相应的恒压恒速泵停止;

步骤四:采用气液交替注入方式或气液同时注入方式向岩心夹置器(A)中的含油岩心中注入驱油介质,在注入过程中,计算机(W)通过第一高倍摄像机(G7)和第一光源(G3)观测气体、液体或气液混合物的流动状态,同时结合第一质量流量计(H1)和第一压差传感器

(P5)的数值计算出气体、液体或气液混合物的运动粘度;计算机(W)控制气动阀(K18-K24)中的一个开启,设定回压阀(B2)的压力等于第五压力传感器(P7)的压力值,通过第二高倍摄像机(G8)和第二光源(G4)观测对应三层非均质岩心流体采集点(A2-A7)及岩心夹置器出口(A8)的流体流动状态,同样结合第二质量流量计(H2)和第二压差传感器(P6)的数值计算出该采集点流体的运动粘度,直到满足模拟驱油实验设计的注入时间为止。

11.根据权利要求10所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定方法,其特征在于,步骤四中的气液同时注入方式包括以下步骤:

计算机(W)控制气动阀(K3,K5,K6,K10)开启,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)、第二恒压恒速泵(R2)以模拟驱油实验设计的气液比、注入速度注入液体和气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机(W)控制气动阀(K3,K5,K6,K10)关闭并停止第一恒压恒速泵(R1)和第二恒压恒速泵(R2);在实验过程中计算机(W)记录第一压力传感器(P1)的压力值及第一质量流量计(H1)泡沫流体的流速和注入时间,并实时记录油气水计量装置(D)中油、气、水体积。

12.根据权利要求10所述的气液注入模拟驱油和流体性能测定方法,其特征在于,步骤四中的气液交替注入方式包括交替进行的以下步骤:

(1)注入液体时,计算机(W)控制气动阀(K3,K4,K5)开启,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)以恒定的模拟驱油实验设计的速度注入液体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机(W)控制气动阀(K5)关闭,并停止第一恒压恒速泵(R1);计算机(W)同时记录液体注入时的第一压力传感器(P1)的值、液体注入时间和速度,通过第一质量流量计(H1)测量的液体注入速度校正通过第一恒压恒速泵(R1)记录的注入速度;

在注入液体过程中,计算机(W)同时控制气动阀(K13,K14)开启,并分别比较第三压力传感器(P3)、第四压力传感器(P4)的压力值与第一压力传感器(P1)的压力值的大小,即当第三压力传感器(P3)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制气动阀(K11)开启,气体从第一排空管(U1)排出,直到第三压力传感器(P3)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K11);当第三压力传感器(P3)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制第二恒压恒速泵(R2)对第一气体活塞容器(L1)加压,直到第三压力传感器(P3)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第二恒压恒速泵(R2)加压;同样,当第四压力传感器(P4)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制气动阀(K12)开启,气体从第二排空管(U2)排出,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K12);当第四压力传感器(P4)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制第三恒压恒速泵(R3)对第二气体活塞容器(L2)加压,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第三恒压恒速泵(R3)加压,直到液体注入完毕;

(2)注入气体时,计算机(W)控制气动阀(K3,K6,K10)开启,计算机(W)控制第二恒压恒速泵(R2)以模拟驱油实验设计的速度注入气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机(W)控制气动阀(K6,K10)关闭并停止第二恒压恒速泵(R2);计算机(W)记录气体注入时的第一压力传感器(P1)的值、气体注入速度和时间,通过第一质量流量计(H1)测量的气体注入速度校正通过第二恒压恒速泵(R2)记录的注入速度;

在注入气体过程中,计算机(W)比较第四压力传感器(P4)的压力值与第一压力传感器

(P1)的压力值的大小,当第四压力传感器(P4)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制气动阀(K12)开启,气体从第二排空管(U2)排出,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K12);当第四压力传感器(P4)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制第三恒压恒速泵(R3)对第二气体活塞容器(L2)加压,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第三恒压恒速泵(R3)加压,直到气体注入完毕,或当第一气体活塞容器(L1)中气体体积用完时,计算机(W)控制气动阀(K9)开启,控制气动阀(K10)关闭并停止第二恒压恒速泵(R2),计算机(W)控制第三恒压恒速泵(R3)以同样的模拟驱油实验设计的速度继续注入气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机W控制气动阀(K6,K9)关闭和停止第三恒压恒速泵(R3);

在注入气体过程中,计算机(W)同时比较第二压力传感器(P2)的压力值与第一压力传感器(P1)的压力值的大小,当第二压力传感器(P2)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制气动阀(K2)开启,排出多余液体到第一液体接收容器(F1)中,直到第二压力传感器(P2)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K2);当第二压力传感器(P2)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)对液体活塞容器(E)加压,直到第二压力传感器(P2)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第一恒压恒速泵(R1),直到气体注入完毕。

## 一种气液注入模拟驱油和流体性能测定装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于石油工程和工艺技术领域,具体涉及一种适用于实验室环境可实现气液交替注入或同时注入的气液注入模拟驱油的装置及方法,该模拟驱油装置和方法还能直接实现流体性能的测定。

### 背景技术

[0002] 石油是不可再生的能源,经济有效地开发现有油田是永恒的课题。水驱可以提高采收率 $1/3-1/5$ ,我国各大油田均已处于水驱后期,但有半数以上的石油地质储量仍残留在地下,需要开展有效的三次采油技术,可以使我国石油产量增加 $10\%-20\%$ 。化学驱技术是在三次采油中应用最广泛最成熟的,而物理模拟驱油实验结果的好坏是判断化学驱能否在现场应用的主要依据。

[0003] 目前,物理模拟驱油实验装置主要针对聚合物驱、三元复合驱或气驱实验需要和特点设计的,而专门针对气液交替注入设计的物理模拟驱油装置很少,大部分都是由以上装置改造的,存在气液交替时压力波动大,气体流量计量不准确等问题。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是为了解决上述问题,提供一种适用于实验室环境适用于实验室环境可实现气液交替注入或同时注入的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置。

[0005] 本发明的上述目的是由以下技术方案来实现的:

[0006] 一种气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,包括模拟油藏的模型系统、向模型系统注入驱替介质的注入系统和对模型系统的流出液进行计量采集的流出液计量采集系统,所述模型系统包括岩心夹置器(A),还包括用于获取岩心中流体性能的测定系统,所述测定系统包括:

[0007] 第一质量流量计(H1)和第一可视毛细管(G5),二者串联连接在岩心夹置器(A)的岩心夹置器入口(A1)端,第一质量流量计(H1)的入口端处设置有第一压力传感器(P1);第一质量流量计(H1)的入口端连接到所述注入系统;

[0008] 第二质量流量计(H2)和第二可视毛细管(G6),二者通过气动阀(K24)串联连接到岩心夹置器(A)的岩心夹置器出口(A8),并且岩心流体采集点(A2-A7)分别通过气动阀(K18-K23)连接到第二质量流量计(H2)的入口端,第二质量流量计(H2)入口端设置第五压力传感器(P7);第二可视毛细管(G6)的出口端连接到所述流出液计量采集系统。

[0009] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述流出液计量采集系统包括第一回压阀(B1)、第二回压阀(B2)、气动阀(K3)、气动阀(K25)和油气水计量装置(D),第二可视毛细管(G6)的出口端依次通过第二回压阀(B2)、气动阀(K25)连接到油气水计量装置(D),岩心夹置器(A)的岩心夹置器出口(A8)依次通过第一回压阀(B1)、气动阀(K3)连接到油气水计量装置(D)。

[0010] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述第一可视毛细管(G5)位于岩

心夹置器(A)的岩心夹置器入口(A1)端且与管线相连,沿第一可视毛细管(G5)长度方向平行的一侧设有第一光源(G3),另一侧设有第一高倍摄像机(G7),第一可视毛细管(G5)的入口和出口之间并联有第一压差传感器(P5)用以测量第一可视毛细管(G5)入口和出口之间的压力差。

[0011] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述第二可视毛细管(G6)位于岩心夹置器出口(A8)端与管线相连,沿第二可视毛细管(G6)长度方向平行的一侧设有第二光源(G4),另一侧设有第二高倍摄像机(G8),第二可视毛细管(G6)的入口和出口之间并联有第二压差传感器(P6)。

[0012] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述注入系统包括向模型系统注入气体的气体注入系统和向模型系统注入液体的液体注入系统。

[0013] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述气体注入系统包括:

[0014] 并联连接的第一气体活塞容器L1和第二气体活塞容器L2,其中,

[0015] 所述第一气体活塞容器(L1)的上端开口处设有气动阀(K10)和用于测量第一气体活塞容器(L1)内部气体压力的第三压力传感器(P3),第一气体活塞容器(L1)的上端开口通过气动阀(K11)与第一排空管(U1)相连通;第一气体活塞容器(L1)的下端开口通过气动阀(K14)连接到第二恒压恒速泵(R2)、通过气动阀(K16)连接到第三液体接收容器(F3);

[0016] 第二气体活塞容器(L2)的上端开口处设有气动阀(K9)和用于测量第二气体活塞容器(L2)内部气体压力的第四压力传感器(P4),第二气体活塞容器(L2)的上端开口通过气动阀(K12)与第二排空管(U2)相连通;第二气体活塞容器(L2)的下端开口通过气动阀(K13)连接到第三恒压恒速泵(R3)、通过气动阀(K17)连接到第三液体接收容器(F3);

[0017] 用于存储高压气体的高压气瓶(N),所述高压气瓶(N)通过气动阀(K8)连接到一气体增压泵(M),所述气体增压泵(M)通过气动阀(K7)连接到气动阀(K9)和气动阀(K10)的交接处,气动阀(K7、K9、K10)的交接处通过气动阀(K6)连接到第一质量流量计(H1)的入口端。

[0018] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述液体注入系统包括液体活塞容器(E),所述液体活塞容器(E)的上端入口处设置有用以测量液体活塞容器(E)中液体压力的第二压力传感器(P2),液体活塞容器(E)的上端开口分别通过气动阀(K2)与第一液体接收器(F1)相连以及通过气动阀(K5)连接到第一质量流量计(H1)的入口端;所述液体活塞容器(E)的下端开口通过气动阀(K4)与第一恒压恒速泵(R1)相连,并通过气动阀(K15)与第二液体接收容器(F2)相连。

[0019] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述岩心夹置器(A)、第一回压阀(B1)、第二回压阀(B2)、油气水计量装置(D)、液体活塞容器(E)、液体接收容器(F1)、第一质量流量计(H1)、第二质量流量计(H2)、第一气体活塞容器(L1)、第二气体活塞容器(L2)以及第一不透光箱(G1)和第二不透光箱(G2)均置于恒温箱(Q)中。

[0020] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置中,所述第一质量流量计(H1)、第二质量流量计(H2)、气动阀(K1-K25)、各压力传感器(P1-P4,P7)、各压差传感器(P4,P5)、恒温箱(Q)、各恒压恒速泵(R1-R3)、第一光源(G3)、第二光源(G4)、第一高倍摄像机(G7)、第二高倍摄像机(G8)、气体增压泵M均电连接到计算机(W)。

[0021] 本发明还提供一种气液注入模拟驱油和流体性能测定方法,该方法采用上述气液注入模拟驱油和流体性能测定装置进行气液注入模拟驱油实验以及对岩心中流体性能进

行测定,包括以下步骤:

[0022] 步骤一:将三层非均质含油岩心放入岩心夹置器(A)中,液体装入液体活塞容器(E)中,高压气瓶(N)中气体种类满足所述模拟驱油实验的设计,第一气体活塞容器(L1)和第二气体活塞容器(L2)中的活塞位于顶部,所有气动阀均处于关闭状态,计算机(W)控制恒温箱(Q)加热至模拟驱油实验预设温度;计算机(W)控制第一光源(G3)和第二光源(G4)开启,并控制第一高倍摄像机(G7)和第二高倍摄像机(G8)开启;

[0023] 步骤二:计算机(W)控制气动阀(K8,K7,K10,K16)开启,高压气瓶(N)中的气体通过气体增压泵(M)和气动阀(K8,K7,K10)进入第一气体活塞容器(L1)中,当第一气体活塞容器(L1)中的活塞被推到底部,计算机(W)控制气动阀(K10,K16)关闭;计算机(W)控制气动阀(K9,K17)开启,高压气瓶(N)中的气体通过增压泵(M)和气动阀(K8,K7,K9)进入第二气体活塞容器(L2)中,当第二气体活塞容器(L2)中的活塞被推到底部,计算机(W)控制气动阀(K8,K7,K9,K17)关闭;

[0024] 步骤三:根据模拟驱油实验设计的回压设定第一回压阀(B1)的压力值,计算机(W)控制气动阀(K4,K13,K14)开启,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)、第二恒压恒速泵(R2)和第三恒压恒速泵(R3)分别对液体活塞容器(E)、第一气体活塞容器(L1)、第二气体活塞容器(L2)加压,当第二压力传感器(P2)、第三压力传感器(P3)或第四压力传感器(P4)的压力值与第一回压阀(B1)的压力值相等时,计算机(W)控制相应的恒压恒速泵停止;

[0025] 步骤四:采用气液交替注入方式或气液同时注入方式向岩心夹置器(A)中的含油岩心中注入驱油介质,在注入过程中,计算机(W)通过第一高倍摄像机(G7)和第一光源(G3)观测气体、液体或气液混合物的流动状态,同时结合第一质量流量计(H1)和第一压差传感器(P5)的数值计算出气体、液体或气液混合物的运动粘度;计算机(W)控制气动阀(K18-K24)中的一个开启,设定回压阀(B2)的压力等于第五压力传感器(P7)的压力值,通过第二高倍摄像机(G8)和第二光源(G4)可观测对应三层非均质岩心流体采集点(A2-A7)及岩心夹置器出口(A8)的流体流动状态,同样结合第二质量流量计(H2)和第二压差传感器(P6)的数值计算出该采集点流体的运动粘度,直到满足模拟驱油实验设计的注入时间为止。

[0026] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定方法中,步骤四中的气液同时注入方式包括以下步骤:

[0027] 计算机(W)控制气动阀(K3,K5,K6,K10)开启,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)、第二恒压恒速泵(R2)以模拟驱油实验设计的气液比、注入速度注入液体和气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机(W)控制气动阀(K3,K5,K6,K10)关闭并停止第一恒压恒速泵(R1)和第二恒压恒速泵(R2);在实验过程中计算机(W)记录第一压力传感器(P1)的压力值及第一质量流量计(H1)泡沫流体的流速和注入时间,并实时记录油气水计量装置(D)中油、气、水体积。

[0028] 上述气液注入模拟驱油和流体性能测定方法中,步骤四中的气液交替注入方式包括交替进行的以下步骤:

[0029] (1)注入液体时,计算机(W)控制气动阀(K3,K4,K5)开启,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)以恒定的模拟驱油实验设计的速度注入液体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机(W)控制气动阀(K5)关闭,并停止第一恒压恒速泵(R1);计算机(W)同时记录液体注入时的第一压力传感器(P1)的值、液体注入时间和速度,通过第一质量流量计(H1)

测量的液体注入速度校正通过第一恒压恒速泵(R1)记录的注入速度;

[0030] 在注入液体过程中,计算机(W)同时控制气动阀(K13,K14)开启,并分别比较第三压力传感器(P3)、第四压力传感器(P4)的压力值与第一压力传感器(P1)的压力值的大小,即当第三压力传感器(P3)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制气动阀(K11)开启,气体从第一排空管(U1)排出,直到第三压力传感器(P3)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K11);当第三压力传感器(P3)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制第二恒压恒速泵(R2)对第一气体活塞容器(L1)加压,直到第三压力传感器(P3)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第二恒压恒速泵(R2)加压;同样,当第四压力传感器(P4)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制气动阀(K12)开启,气体从第二排空管(U2)排出,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K12);当第四压力传感器(P4)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制第三恒压恒速泵(R3)对第二气体活塞容器(L2)加压,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第三恒压恒速泵(R3)加压,直到液体注入完毕;

[0031] (2)注入气体时,计算机(W)控制气动阀(K3,K6,K10)开启,计算机(W)控制第二恒压恒速泵(R2)以模拟驱油实验设计的速度注入气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机(W)控制气动阀(K6,K10)关闭并停止第二恒压恒速泵(R2);计算机(W)记录气体注入时的第一压力传感器(P1)的值、气体注入速度和时间,通过第一质量流量计(H1)测量的气体注入速度校正通过第二恒压恒速泵(R2)记录的注入速度;

[0032] 在注入气体过程中,计算机(W)比较第四压力传感器(P4)的压力值与第一压力传感器(P1)的压力值的大小,当第四压力传感器(P4)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制气动阀(K12)开启,气体从第二排空管(U2)排出,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K12);当第四压力传感器(P4)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制第三恒压恒速泵(R3)对第二气体活塞容器(L2)加压,直到第四压力传感器(P4)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第三恒压恒速泵(R3)加压,直到气体注入完毕,或当第一气体活塞容器(L1)中气体体积用完时,计算机(W)控制气动阀(K9)开启,控制气动阀(K10)关闭并停止第二恒压恒速泵(R2),计算机(W)控制第三恒压恒速泵(R3)以同样的模拟驱油实验设计的速度继续注入气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机W控制气动阀(K6,K9)关闭和停止第三恒压恒速泵(R3);

[0033] 在注入气体过程中,计算机(W)同时比较第二压力传感器(P2)的压力值与第一压力传感器(P1)的压力值的大小,当第二压力传感器(P2)的压力值大于第一压力传感器(P1)的压力值时,计算机(W)控制气动阀(K2)开启,排出多余液体到第一液体接收容器(F1)中,直到第二压力传感器(P2)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,关闭气动阀(K2);当第二压力传感器(P2)的压力值小于第一压力传感器(P1)的压力值,计算机(W)控制第一恒压恒速泵(R1)对液体活塞容器(E)加压,直到第二压力传感器(P2)的压力值等于第一压力传感器(P1)的压力值为止,停止第一恒压恒速泵(R1),直到气体注入完毕。

[0034] 采用上述技术方案,本发明的技术效果是:本发明装置通过设置可视毛细管、质量流量计和压差传感器,可观测流体在进入岩心前、在岩心中不同层位不同位置以及流出岩

心后的流体形态及运动粘度,在模拟驱油的同时直接实现流体性能的测定,有助于分析注入流体或注入流体与原油混合后在地层中的运动状态和速度,为研究流体运移规律和驱油机理提供技术支持;通过第二、第三恒速恒压泵实时控制第一气体活塞容器、第二气体活塞容器中注入气体的压力,使第一气体活塞容器、第二气体活塞容器中注入气体的压力与岩心夹置器入口注入压力相同,实现了气液注入过程中气体注入压力平稳,控制精度高;通过第一恒速恒压泵实时控制液体活塞容器中注入液体的压力,使液体活塞容器中注入液体的压力与岩心夹置器入口注入压力相同,实现了气液注入过程中液体注入压力平稳,控制精度高;通过质量流量计准确计量气体、液体或气液混合物流体的流速及流量。

### 附图说明

[0035] 图1是本发明的整体结构示意图。

[0036] 图中附图标记表示为:

[0037] A:岩心夹置器,A1:岩心夹置器入口,A8:岩心夹置器出口。A2-A7:岩心流体采集点;

[0038] B1:第一回压阀,B2:第二回压阀;D:油气水计量装置;G1:第一不透光密封箱,G2:第二不透光密封箱;G3:第一光源,G4:第二光源;G5:第一可视毛细管,G6:第二可视毛细管;G7:第一高倍摄像机,G8:第二高倍摄像机;H1:第一质量流量计,H2:第二质量流量计;

[0039] E:液体活塞容器;F1:第一液体接收器,F2:第二液体接收器,F3:第三液体接收器;K1-K25:气动阀;L1:第一气体活塞容器,L2:第二气体活塞容器;M:气体增压泵;N:高压气瓶;U1:第一排空管,U2:第二排空管;P1:第一压力传感器,P2:第二压力传感器,P3:第三压力传感器,P4:第四压力传感器;P5:第一压差传感器,P6:第二压差传感器;P7:第五压力传感器;Q:恒温箱;

[0040] R1:第一恒压恒速泵,R2:第二恒压恒速泵,R3:第三恒压恒速泵;W:计算机。

### 具体实施方式

[0041] 以下结合附图和具体实施例,对本发明的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置及方法进行详细说明。

#### [0042] 气液注入模拟驱油和流体性能测定装置

[0043] 如图1所示,为本发明的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置的实施例,该装置是一种适用于实验室环境的模拟及测定装置(粗线表示物理管道连接,细线表示电连接),包括模拟油藏的模型系统、向模型系统注入气体的气体注入系统、向模型系统注入液体的液体注入系统、对模型系统的流出液进行计量采集的流出液计量采集系统以及用于获取岩心中流体性能的测定系统,其中:

[0044] 本实施例中的模型系统为岩心夹置器A用于制作不同含油级别的岩心样品以及作为放置样品的容器,它具有与气体注入系统、液体注入系统、测定系统相连通的岩心夹置器入口A1、与测定系统相连通的岩心夹置器出口A8。置于岩心夹置器A中的岩心为上中下三层非均质岩心,三层非均质岩心共用同一岩心夹置器入口A1注入流体、同一岩心夹置器出口A8采出流体,上中下三层非均质岩心每层分别在位于岩心长度方向的三分之一位置设置岩心流体采集点A2-A7,用于辅助研究流体运移规律和驱油机理。

[0045] 本实施例中的气体注入系统包括用于存储高压气体的高压气瓶N以及并联连接的第一气体活塞容器L1和第二气体活塞容器L2,第一气体活塞容器L1的上端开口处设有第三压力传感器P3,用于测量第一气体活塞容器L1内部的气体压力;第一气体活塞容器L1的上端开口通过气动阀K11与第一排空管U1相连通,用于排出气体,降低第一气体活塞容器L1中气体的压力;第一气体活塞容器L1的上端开口处还设有气动阀K10,用于控制第一气体活塞容器L1与其他部件的连通;第一气体活塞容器L1的下端开口处通过气动阀K14连接到第二恒压恒速泵R2、通过气动阀K16连接到第三液体接收容器F3,第三液体接收容器F3用于接收第一、第二气体活塞容器中活塞下部的液体,可使气体活塞容器充入高压气体。

[0046] 同理,第二气体活塞容器L2的上端开口处设有第四压力传感器P4,用于测量第二气体活塞容器L2内部的气体压力;第二气体活塞容器L2的上端开口通过气动阀K12与第二排空管U2相连通,用于排出气体,降低第二气体活塞容器L2中气体的压力;第二气体活塞容器L2的上端开口处还设有气动阀K9,用于控制第二气体活塞容器L2与其他部件的连通;第二气体活塞容器L2的下端开口通过气动阀K13连接到第三恒压恒速泵R3、通过气动阀K17连接到第三液体接收容器F3,第三恒压恒速泵R3用于控制第二气体活塞容器L2中气体流速和压力。

[0047] 高压气瓶N通过气动阀K8连接到一气体增压泵M,气体增压泵M用于提高气体压力,其通过气动阀K7连接到气动阀K9和气动阀K10的交接处,气动阀K7、K9、K10的交接处通过气动阀K6连接到第一质量流量计H1的入口端。

[0048] 本实施例中的液体注入系统包括液体活塞容器E,该液体活塞容器E的上端入口处设置有第二压力传感器P2,用于测量液体活塞容器E中液体的压力,液体活塞容器E的上端开口分别通过气动阀K2与第一液体接收器F1相连以及通过气动阀K5连接到第一质量流量计H1的入口端,第一液体接收器F1用于接收液体活塞容器E中的液体。液体活塞容器E的下端开口通过气动阀K4与第一恒压恒速泵R1相连、通过气动阀K15与第二液体接收容器F2相连,其中,第一恒压恒速泵R1控制液体活塞容器E中液体的流速和压力,第二液体接收容器F2接收液体活塞容器E中活塞下部的液体。

[0049] 本实施例中的测定系统包括第一质量流量计H1、第二质量流量计H2、第一可视毛细管G5和第二可视毛细管G6,其中,第一质量流量计H1和第一可视毛细管G5串联连接在岩心夹置器A的岩心夹置器入口A1端,第一质量流量计H1的入口端处设置有第一压力传感器P1,第一质量流量计H1的入口端连接到气体注入系统和液体注入系统,用于测量注入气体、液体或气液混合物的流速,第一压力传感器P1测量第一质量流量计H1入口端的压力;第二质量流量计H2和第二可视毛细管G6通过气动阀K24串联连接到岩心夹置器A的岩心夹置器出口A8,并且岩心流体采集点A2-A7分别通过气动阀K18-K23连接到第二质量流量计H2的入口端,第二质量流量计H2入口端设置第五压力传感器P7,第二质量流量计H2用于测量岩心流体采集点流出的气体、液体或气液混合物的流速。第二可视毛细管G6的出口端连接到流出液计量采集系统。

[0050] 第一可视毛细管G5位于岩心夹置器A的岩心夹置器入口A1处与管线相连(可视毛细管不是套在管线上的,他是单独的设备,与管线连接的),沿第一可视毛细管G5长度方向平行的一侧设有第一光源G3,另一侧设有第一高倍摄像机G7,第一可视毛细管G5的入口和出口之间并联有第一压差传感器P5,用于测量第一可视毛细管G5入口和出口之间的压力

差,第一可视毛细管G5、第一光源G3、第一高倍摄像机G7以及第一压差传感器P5均置于第一不透光密封箱G1的箱体内,目的是避免外界光线干扰,使摄像机拍摄更加清晰稳定,保持温度恒定,提高测量精度;同样,第二可视毛细管G6位于岩心夹置器出口A8侧与管线相连,沿第二可视毛细管G6长度方向平行的一侧设有第二光源G4,另一侧设有第二高倍摄像机G8,第二可视毛细管G6的入口和出口之间并联有第二压差传感器P6,第二可视毛细管G6、第二光源G4、第二高倍摄像机G8以及第二压差传感器P6均在不透光密封箱体G2中。

[0051] 本实施例中的流出液计量采集系统包括第一回压阀B1、第二回压阀B2、气动阀K3、气动阀K25和油气水计量装置D,第二可视毛细管G6的出口端依次通过第二回压阀B2、气动阀K25连接到油气水计量装置D,岩心夹置器A的岩心夹置器出口A8依次通过第一回压阀B1、气动阀K3连接到油气水计量装置D,第一回压阀B1和第二回压阀B2分别用于控制岩心夹置器出口A8和第二可视毛细管G6的出口压力,油气水计量装置D用于计量不同时间油、气、水的采出体积。

[0052] 岩心夹置器A、第一回压阀B1、第二回压阀B2、油气水计量装置D、液体活塞容器E、液体接收容器F1、第一质量流量计H1、第二质量流量计H2、第一气体活塞容器L1、第二气体活塞容器L2以及第一不透光箱G1和第二不透光箱G2均置于恒温箱Q中,目的是保持实验过程中注入流体温度恒定,提高实验精度,恒温箱加热温度范围为25℃-200℃。而其它部件不放入恒温箱Q中是为了防止仪器老化,提高仪器寿命及安全性。

[0053] 第一质量流量计H1、第二质量流量计H2、气动阀K1-K25、各压力传感器P1-P6、恒温箱Q、各恒压恒速泵R1-R3、第一光源G3、第二光源G4、第一高倍摄像机G7、第二高倍摄像机G8、气体增压泵M均电连接到计算机W,由计算机W采集相应部件的数据、设定相应部件的参数以及控制相应部件的执行。

[0054] 以上各部件按照上述连接关系形成本发明的气液注入模拟驱油和流体性能测定装置,该装置中接触到气体介质和/或液体介质的各部件以及连接各部件的管线均耐酸碱腐蚀,且耐压在50MPa以上;第一质量流量计H1和第二质量流量计H2可选择福克斯波罗公司的产品,该产品可测量气相、液相和气液两相的质量流量,第一可视毛细管G5和第二可视毛细管G6可为蓝宝石材质,耐压50MPa以上、耐温200℃以上;第一气体活塞容器L1和第二气体活塞容器L2容积为2000mL或3000mL,根据岩心夹置器中的岩心孔隙体积来选定,岩心孔隙体积小于200mL,选用2000mL,岩心孔隙体积大于200mL,选用3000mL,液体活塞容器E容积为500mL或1000mL,根据岩心夹置器中的岩心孔隙体积来选定,岩心孔隙体积小于200mL,选用500mL,岩心孔隙体积大于200mL,选用1000mL。

#### [0055] 气液注入模拟驱油和流体性能测定方法

[0056] 采用上述装置可以进行气液注入模拟驱油实验以及对岩心中流体性能进行测定,具体的气液注入模拟驱油和流体性能测定方法包括以下步骤:

[0057] 步骤一:将三层非均质含油岩心放入岩心夹置器A中,液体装入液体活塞容器E中,高压气瓶N中气体种类满足实验的设计,第一气体活塞容器L1和第二气体活塞容器L2中的活塞位于顶部,所有气动阀均处于关闭状态,计算机W控制恒温箱Q加热至实验预设温度;计算机W控制第一光源G3和第二光源G4开启,并控制第一高倍摄像机G7和第二高倍摄像机G8开启并记录整个实验过程中毛细管内流体的影像(以获得流体的流动状态)。

[0058] 步骤二:计算机W控制气动阀K8、K7、K10、K16开启,高压气瓶N中的气体通过气体增

压泵M和气动阀K8、K7、K10进入第一气体活塞容器L1中,当第一气体活塞容器L1中的活塞被推到底部,计算机W控制气动阀K10、K16关闭;计算机W控制气动阀K9、K17开启,高压气瓶N中的气体通过增压泵M和气动阀K8、K7、K9进入第二气体活塞容器L2中,当第二气体活塞容器L2中的活塞被推到底部,计算机W控制气动阀K8、K7、K9、K17关闭。

[0059] 步骤三:根据模拟驱油实验设计的回压设定第一回压阀B1的压力值,计算机W控制气动阀K4、K13、K14开启,计算机W控制第一恒压恒速泵R1、第二恒压恒速泵R2和第三恒压恒速泵R3分别对液体活塞容器E、第一气体活塞容器L1、第二气体活塞容器L2加压,当第二压力传感器P2、第三压力传感器P3或第四压力传感器P4的压力值与第一回压阀B1的压力值相等时,计算机W控制相应的恒压恒速泵停止。

[0060] 第四步:采用气液交替注入方式或气液同时注入方式向岩心夹置器A中的含油岩心中注入驱油介质,在注入过程中,计算机W通过第一高倍摄像机G7和第一光源G3观测气体、液体或气液混合物的流动状态,同时结合第一质量流量计H1数值(进入岩心前的流体流速)和第一压差传感器P5数值(第一可视毛细管G5两端的差压)计算出气体、液体或气液混合物的运动粘度;计算机W控制气动阀K18-K24中的一个开启,设定回压阀B2的压力等于第五压力传感器P7的压力值(岩心流体采集点A2-A7中任一采集点处流出岩心后的压力),通过第二高倍摄像机G8和第二光源G4观测对应三层非均质岩心流体采集点A2-A7及岩心夹置器出口A8的流体流动状态,测量岩心夹置器出口A8的流体性质时需要关闭气动阀K3,同样结合第二质量流量计H2(流出岩心后的流体流速)和第二压差传感器P6数值(第二可视毛细管G6两端的差压)计算出该采集点流体的运动粘度,直到满足模拟驱油实验设计的注入时间为止。

[0061] 步骤四中的气液同时注入方式包括以下步骤:

[0062] 计算机W控制气动阀K3、K5、K6、K10开启,计算机W控制第一恒压恒速泵R1、第二恒压恒速泵R2以模拟驱油实验设计的气液比、注入速度注入液体和气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,计算机W控制气动阀K3、K5、K6、K10关闭并停止第一恒压恒速泵R1和第二恒压恒速泵R2;在实验过程中计算机W记录第一压力传感器P1的压力值及第一质量流量计H1泡沫流体的流速和注入时间,并实时记录油气水计量装置D中油气水体积。

[0063] 步骤四中气液交替注入方式包括交替进行的以下步骤:

[0064] (1) 注入液体时,计算机W控制气动阀K3、K4、K5开启,计算机W控制第一恒压恒速泵R1以恒定的模拟驱油实验设计的速度注入液体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,模拟驱油计算机W控制气动阀K5关闭、停止第一恒压恒速泵R1;计算机W同时记录液体注入时的第一压力传感器P1的值、液体注入时间和速度(注入量=注入时间×注入速度),计算机W通过第一质量流量计H1测量的液体注入速度校正通过第一恒压恒速泵R1记录的注入速度,保证注入速度的准确。

[0065] 在注入液体过程中,计算机W同时控制气动阀K13、K14开启,并分别比较第三压力传感器P3、第四压力传感器P4的压力值与第一压力传感器P1的压力值的大小,即当第三压力传感器P3的压力值大于第一压力传感器P1的压力值时,计算机W控制气动阀K11开启,气体从第一排空管U1排出,直到第三压力传感器P3的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,关闭气动阀K11;当第三压力传感器P3的压力值小于第一压力传感器P1的压力值时,计算机W控制第二恒压恒速泵R2对第一气体活塞容器L1加压,直到第三压力传感器P3的压

力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,停止第二恒压恒速泵R2加压;同样,当第四压力传感器P4的压力值大于第一压力传感器P1的压力值,计算机W控制气动阀K12开启,气体从第二排空管U2排出,直到第四压力传感器P4的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,关闭气动阀K12;当第四压力传感器P4的压力值小于第一压力传感器P1的压力值时,计算机W控制第三恒压恒速泵R3对第二气体活塞容器L2加压,直到第四压力传感器P4的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,停止第三恒压恒速泵R3加压,直到液体注入完毕。

[0066] (2) 注入气体时,计算机W控制气动阀K3、K6、K10开启,计算机W控制第二恒压恒速泵R2以模拟驱油实验设计的速度注入气体,当满足模拟驱油实验设计的注入时间后,模拟驱油计算机W控制气动阀K6、K10关闭并停止第二恒压恒速泵R2;计算机W记录气体注入时的第一压力传感器P1的值、气体注入速度和时间,计算机W通过第一质量流量计H1测量的气体注入速度校正通过第二恒压恒速泵R2记录的注入速度,保证注入速度的准确。

[0067] 在注入气体过程中,计算机W比较第四压力传感器P4的压力值与第一压力传感器P1的压力值的大小,当第四压力传感器P4的压力值大于第一压力传感器P1的压力值,计算机W控制气动阀K12开启,气体从第二排空管U2排出,直到第四压力传感器P4的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,关闭气动阀K12;当第四压力传感器P4的压力值小于第一压力传感器P1的压力值,计算机W控制第三恒压恒速泵R3对第二气体活塞容器L2加压,直到第四压力传感器P4的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,停止第三恒压恒速泵R3加压,直到气体注入完毕,或当第一气体活塞容器L1中气体体积用完时,计算机W控制气动阀K9开启,控制气动阀K10关闭并停止第二恒压恒速泵R2,计算机W控制第三恒压恒速泵R3以同样的模拟驱油实验要求速度继续注入气体,当注入气体时间满足模拟驱油实验要求后,计算机W自动控制气动阀K6、K9关闭和停止第三恒压恒速泵R3。

[0068] 在注入气体过程中,计算机W同时比较第二压力传感器P2的压力值与第一压力传感器P1的压力值的大小,当第二压力传感器P2的压力值大于第一压力传感器P1的压力值时,计算机W控制气动阀K2开启,排出多余液体到第一液体接收容器F1中,直到第二压力传感器P2的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,关闭气动阀K2;当第二压力传感器P2的压力值小于第一压力传感器P1的压力值,计算机W控制第一恒压恒速泵R1对液体活塞容器E加压,直到第二压力传感器P2的压力值等于第一压力传感器P1的压力值为止,停止第一恒压恒速泵R1,直到气体注入完毕。

[0069] 气液注入模拟驱油和流体性能测定方法中气液交替注入时岩心入口压力平稳,流速恒定,不出现波动。质量流量计可以测量微量气体、液体、气液混合物的流速。

[0070] 气液注入模拟驱油和流体性能测定方法中获取的流体性能参数包括:流体状态(由上述步骤四中第一高倍摄像机G7和第二高倍摄像机G8记录)、流体流速(在步骤四中由第一质量流量计H1和第二质量流量计H2记录)、流体运动粘度(在步骤四中用下述算式计算得到)、压力(第一压力传感器P1和第五压力传感器P7记录)。

[0071] 通过公式泊肃叶定律计算运动粘度。流体运动粘度计算公式为: 
$$\mu = K \times \frac{\pi \Delta P r^4}{8 L Q}$$

[0072] 式中 $\mu$ 为流体粘度,Q为流体的流量,L为可视毛细管的长度,r为可视毛细管的半径, $\Delta P$ 为可视毛细管两端的差压,K为可视毛细管常数。

[0073] 气液注入模拟驱油和流体性能测定方法可以获取岩心夹置器的注入液体流动性

质和出口液体流动性质。岩心夹置器在上中下三层设置A2-A7六个流体采集点,可以测定同一层位不同位置流体的性质,不同层位相同位置流体的性质。即可测定流体在岩心中不同位置、层位的流体性质。如果岩心含油,可以测定油对不同位置流体性能的影响。

[0074] 上述获得的流体性能数据可用于驱油机理的研究(参见实验验证部分)。

[0075] 另外,如果实验还有其它特殊要求,可根据实际情况,调整注入流程,以满足实验要求。

#### [0076] 实验验证

[0077] 实验温度45℃,岩心上、中、下层渗透率分别为200、800、1000md,岩心孔隙体积为256mL,含油饱和度为71%;实验设计回压为5MPa,气液同时注入,气液比为1:1,二氧化碳气体注入速度0.9mL/min,起泡剂注入速度0.9mL/min,注入时间72min,起泡剂组成为:磺基甜菜碱硅表面活性剂0.5wt%、十二烷基二甲基氧化按0.2wt%、部分水解聚丙烯酰胺(分子量为1660万,水解度为23%)0.1wt%、余量为水。第一可视毛细管G5、第二可视毛细管G6的长度为80cm,内径为1mm,可视毛细管常数K为0.756。

[0078] 表1模拟驱油实验参数表

[0079]

| 注入时间<br>(min) | 注入压力 (MPa,<br>为第一压力传感器 P1 的压力) | 采集点压力 (MPa,<br>为第五压力传感器 P7 的压力) | 采集点<br>粘度<br>(mPa·s) | 采集点流<br>体状态 | 备注     |
|---------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|--------|
| 10            | 0.11                           | 0.11                            | 10.3                 | 泡沫          | A1 采集点 |
| 20            | 0.19                           | 0.10                            | 1.4                  | 少量含油<br>泡沫  | A4 采集点 |
| 30            | 0.32                           | 0.09                            | 1.1                  | 油水混合<br>物   | A7 采集点 |
| 40            | 0.41                           | 0.29                            | 2.4                  | 少量含油<br>泡沫  | A2 采集点 |
| 50            | 0.52                           | 0.32                            | 4.3                  | 含油泡沫        | A4 采集点 |
| 60            | 0.67                           | 0.21                            | 4.2                  | 含油泡沫        | A7 采集点 |

[0080]

|    |      |      |     |            |        |
|----|------|------|-----|------------|--------|
| 70 | 0.81 | 0.08 | 2.1 | 少量含油<br>泡沫 | A8 采集点 |
|----|------|------|-----|------------|--------|

[0081] 分析流体在岩心中不同时间、不同位置的流动状态和粘度参数为分析驱油机理提供依据。随时间变化A4,A7采集点流体粘度发生很大变化,并观测到含油泡沫,说明这两点位置附近泡沫形成了有效驱替,且这两点位置附近的油被驱替出来,说明泡沫在中高渗透层形成了有效驱替。在注入40min,A2采集点粘度较低,观测到少量含油泡沫,表明低渗透层泡沫没有形成有效驱替,需要再采取其它驱替方法来提高低渗透层的驱替效率。在注入70min,A8采集点粘度较低,且只观察到少量含油泡沫,表明发泡剂在岩心中吸附损失较大、

泡沫耐油性较差, 需要提高发泡剂的耐油性和注入时间。

[0082] 本领域技术人员应当理解, 这些实施例或实施方式仅用于说明本发明而不限制本发明的范围, 对本发明所做的各种等价变型和修改均属于本发明公开内容。

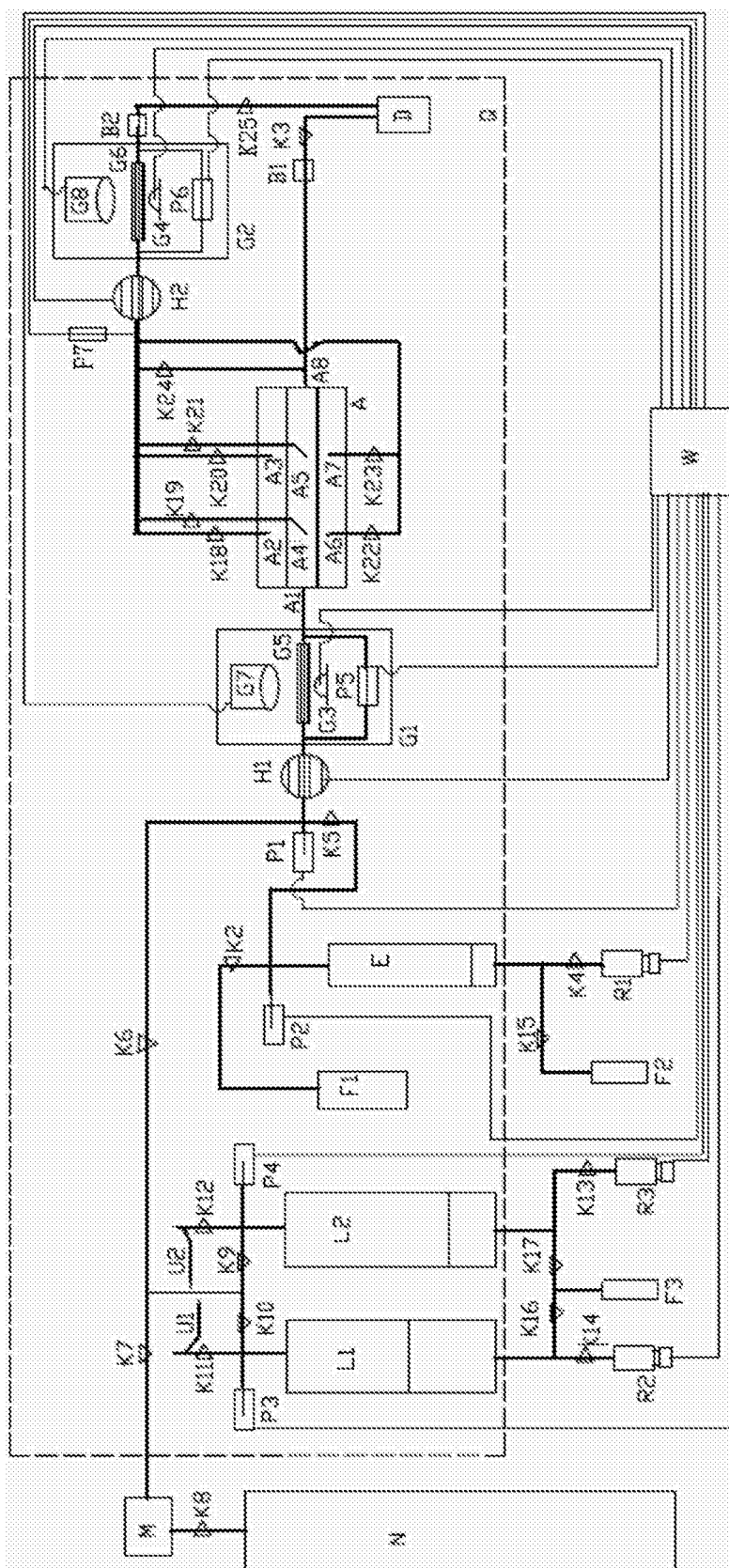


图1