



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110658107 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 07

(21) 申请号 201911054325.7

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.10.31

G01N 11/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110658107 A

审查员 宋冬琦

(43) 申请公布日 2020.01.07

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东直门北大街9号中国
石油大厦

专利权人 大庆油田有限责任公司

(72) 发明人 韩培慧 曹瑞波 陈国 刘宏生
孙刚 刘国超 陈文林

(74) 专利代理机构 大庆知文知识产权代理有限
公司 23115

专利代理师 荆晓红

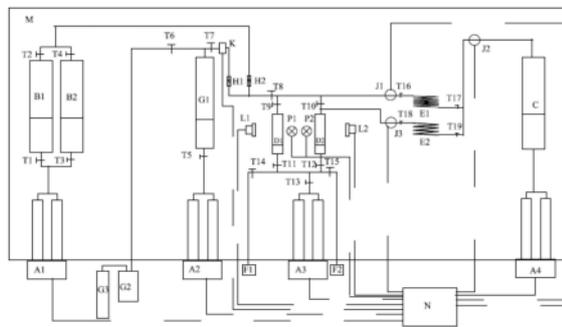
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种泡沫粘度测量装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种泡沫粘度测量装置及方法。包括用于模拟油藏的孔隙介质模型系统、向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫的注入系统以及对孔隙介质模型系统的采出液进行计量的采出液计量系统,其特征在于,所述注入系统包括:用于向孔隙介质模型系统注入液体的第一注入系统、用于向孔隙介质模型系统注入气体的第二注入系统、用于向孔隙介质模型系统注入定量流体的第三注入系统,所述第三注入系统包括:用于存储流体介质的可视活塞容器、用于对相应流体介质提供输送动力的恒压恒速泵、用于对所述可视活塞容器拍摄的摄像机,所述孔隙介质模型系统包括:毛细管一、毛细管二。该泡沫粘度测量装置及方法,能够模拟油藏条件测量泡沫在孔隙介质中的粘度。



1. 一种泡沫粘度测量装置,包括用于模拟油藏的孔隙介质模型系统、向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫的注入系统及对孔隙介质模型系统的采出液进行计量的采出液计量系统,其特征在于,所述注入系统包括:

用于向孔隙介质模型系统注入液体的第一注入系统、
用于向孔隙介质模型系统注入气体的第二注入系统、
用于向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫流体的第三注入系统,
所述第三注入系统包括:

用于存储液体、气体或泡沫流体介质的可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2)、
用于对相应液体、气体或泡沫流体介质提供输送动力的恒压恒速泵三(A3)、
用于对所述可视活塞容器一(D1)拍摄的摄像机一(L1)、
用于对所述可视活塞容器二(D2)拍摄的摄像机二(L2),
用于测量可视活塞容器一(D1)注入量的液体体积计量装置一(F1)、
用于测量可视活塞容器二(D2)注入量的液体体积计量装置二(F2),

其中,所述可视活塞容器一(D1)、可视活塞容器二(D2)、恒压恒速泵三(A3)、摄像机一(L1)和摄像机二(L2)相配合,所述可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2)顶部通过管线连接所述第一注入系统、第二注入系统和孔隙介质模型系统,所述可视活塞容器一(D1)底部通过管线、阀门十一(T11)和阀门十三(T13)连接所述恒压恒速泵三(A3),所述可视活塞容器二(D2)底部通过管线、阀门十二(T12)和阀门十三(T13)连接所述恒压恒速泵三(A3);所述液体体积计量装置一(F1)通过管线、阀门十四(T14)和阀门十一(T11)连接所述可视活塞容器一(D1)底部,所述液体体积计量装置二(F2)通过管线、阀门十五(T15)和阀门十二(T12)连接所述可视活塞容器二(D2)底部;

所述可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2)侧面带有刻度;

所述孔隙介质模型系统包括:毛细管一(E1)和毛细管二(E2),所述毛细管一(E1)入口通过管线、阀门十六(T16)和压力传感器一(J1)依次连接第三注入系统、第一注入系统和第二注入系统;所述毛细管二(E2)入口通过管线、阀门十八(T18)和压力传感器三(J3)依次连接第三注入系统、第一注入系统和第二注入系统;所述毛细管一(E1)出口通过管线、阀门十七(T17)和压力传感器二(J2)连接采出液计量系统;所述毛细管二(E2)出口通过管线、阀门十九(T19)和压力传感器二(J2)连接采出液计量系统;

所述第一注入系统包括:液体活塞容器一(B1)、液体活塞容器二(B2)和恒速恒压泵一(A1),所述恒速恒压泵一(A1)通过管线和阀门(T1)连接液体活塞容器一(B1)底部,所述液体活塞容器一(B1)顶部通过管线、阀门二(T2)和单向阀(H2)依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统;所述恒速恒压泵一(A1)通过管线和阀门三(T3)连接液体活塞容器二(B2)底部,所述液体活塞容器二(B2)顶部通过管线、阀门四(T4)和单向阀二(H2)依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统;

所述第二注入系统包括:气体活塞容器(G1)、气体增压泵(G2)、高压气瓶(G3)和恒速恒压泵二(A2),所述恒速恒压泵二(A2)通过管线和阀门五(T5)连接气体活塞容器(G1)底部,所述高压气瓶(G3)通过管线连接气体增压泵(G2),所述气体增压泵(G2)通过管线和阀门六(T6)连接气体活塞容器(G1)顶部,所述体活塞容器(G1)顶部通过管线、阀门七(T7)、回压阀(K)和单向阀一(H1)依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统;

所述采出液计量系统包括:活塞容器(C)和恒速恒压泵四(A4),所述恒速恒压泵四(A4)通过管线连接活塞容器(C)底部,所述活塞容器(C)顶部通过管线连接孔隙介质模型系统。

2. 根据权利要求1所述的泡沫粘度测量装置,其特征在于,所述第三注入系统包括:

用于拍摄可视活塞容器一(D1)提供照明的光源一(P1)、

用于拍摄可视活塞容器二(D2)提供照明的光源二(P2),

其中,所述光源一(P1)和摄像机一(L1)位于可视活塞容器一(D1)的两侧,所述光源二(P2)和摄像机二(L2)位于可视活塞容器二(D2)的两侧。

3. 根据权利要求2所述的泡沫粘度测量装置,其特征在于,所述液体活塞容器一(B1)、液体活塞容器二(B2)、活塞容器(C)、可视活塞容器一(D1)、可视活塞容器二(D2)、气体活塞容器(G1)和孔隙介质模型系统在保温箱(M)内,所述恒速恒压泵一(A1)、恒速恒压泵二(A2)、恒速恒压泵三(A3)和恒速恒压泵四(A4)泵体部分在保温箱(M)内。

4. 根据权利要求3所述的泡沫粘度测量装置,其特征在于,所述恒速恒压泵一(A1)、恒速恒压泵二(A2)、恒速恒压泵三(A3)、恒速恒压泵四(A4)、摄像机一(L1)和摄像机二(L2)由计算机(N)控制。

5. 一种泡沫粘度测量方法,应用权利要求1至4任一项所述的泡沫粘度测量装置进行操作,包括以下步骤:

步骤一:开启保温箱(M),计算机(N)设定保温箱(M)的温度;向所述液体活塞容器一(B1)和/或液体活塞容器二(B2)中装入溶液;设定回压阀(K)的压力值,高压气瓶(G3)中的气体通过气体增压泵(G2)加压到回压阀(K)的压力值,通过气体增压泵(G2)加压到回压阀(K)的压力值的高压气体通过管线和阀门六(T6)进入气体活塞容器(G1)中,高压气体充满气体活塞容器(G1),关闭气体增压泵(G2)和阀门六(T6);使活塞容器(C)中的活塞位于顶部;使可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2)中的活塞位于顶部;关闭所有阀门(T1-T19);开启恒速恒压泵一(A1)、恒速恒压泵二(A2)、恒速恒压泵三(A3)、恒速恒压泵四(A4);

步骤二:计算机(N)设定恒速恒压泵四(A4)恒压模式工作,恒定压力值与回压阀(K)的压力值相同;

步骤三:开启阀门一(T1)、阀门二(T2)、阀门五(T5)、阀门七(T7)、阀门八(T8)、阀门十六(T16)和阀门十七(T17),计算机(N)设定恒速恒压泵一(A1)和恒速恒压泵二(A2)分别以恒定速度工作,液体活塞容器一(B1)中的液体和气体活塞容器(G1)中的气体在管线中混合形成泡沫进入毛细管一(E1),毛细管一(E1)流出的气液混合物通过管线进入活塞容器(C)的顶部;

步骤四:计算机(N)调整恒速恒压泵四(A4)的压力值,使压力传感器二(J2)的压力值与回压阀(K)的压力值相等;计算机(N)记录压力传感器一(J1)、传感器二(J2)和传感器三(J3)的压力值,通过泊肃叶公式计算泡沫粘度。

6. 一种泡沫粘度测量方法,应用权利要求1至4任一项所述的泡沫粘度测量装置进行操作,包括以下步骤:

步骤一:开启保温箱(M),计算机(N)设定保温箱(M)的温度;向所述液体活塞容器一(B1)和/或液体活塞容器二(B2)中装入溶液;设定回压阀(K)的压力值,高压气瓶(G3)中的气体通过气体增压泵(G2)加压到回压阀(K)的压力值,通过气体增压泵(G2)加压到回压阀(K)的压力值的高压气体通过管线和阀门六(T6)进入气体活塞容器(G1)中,高压气体充满

气体活塞容器(G1),关闭气体增压泵(G2)和阀门六(T6);使活塞容器(C)中的活塞位于顶部;使可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2)中的活塞位于顶部;关闭所有阀门(T1-T19);开启恒速恒压泵一(A1)、恒速恒压泵二(A2)、恒速恒压泵三(A3)、恒速恒压泵四(A4);

步骤二:计算机(N)设定恒速恒压泵四(A4)恒压模式工作,恒定压力值与回压阀(K)的压力值相同;

步骤三,泡沫同时进入毛细管一(E1)和毛细管二(E2)的工作包括以下步骤:

(1)开启阀门一(T1)、阀门二(T2)、阀门五(T5)、阀门七(T7)、阀门八(T8)、阀门九(T9)、阀门十(T10)、阀门十一(T11)、阀门十二(T12)和阀门十三(T13),计算机(N)设定恒速恒压泵一(A1)和恒速恒压泵二(A2)分别以恒定速度工作,恒速恒压泵三(A3)以恒压模式工作,恒速恒压泵三(A3)的恒定压力为回压阀(K)的压力值,液体活塞容器一(B1)中的液体和气体活塞容器(G1)中的气体在管线中混合形成泡沫进入可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2)的顶部,当泡沫充满可视活塞容器一(D1)和可视活塞容器二(D2),计算机(N)控制恒速恒压泵一(A1)和恒速恒压泵二(A2)停止工作,关闭所有阀门(T1-T19);

(2)计算机(N)控制光源一(P1)和光源二(P2)开启;计算机(N)控制摄像机一(L1)记录可视活塞容器一(D1)中泡沫注入到毛细管一(E1)中的体积;计算机(N)控制摄像机二(L2)记录可视活塞容器二(D2)中泡沫注入到毛细管二(E2)中的体积;

(3)开启阀门九(T9)、阀门十一(T11)、阀门十二(T12)、阀门十三(T13)、阀门十六(T16)、阀门十七(T17)、阀门十八(T18)和阀门十九(T19),计算机(N)控制恒速恒压泵三(A3)以恒定速度工作,可视活塞容器一(D1)中泡沫进入毛细管一(E1)中,可视活塞容器二(D2)中泡沫进入毛细管二(E2)中,毛细管一(E1)和毛细管二(E2)流出的气液混合物通过管线进入活塞容器(C)的顶部;

步骤四:计算机(N)调整恒速恒压泵四(A4)的压力值,使压力传感器二(J2)的压力值与回压阀(K)的压力值相等;计算机(N)记录压力传感器一(J1)、传感器二(J2)和传感器三(J3)的压力值,通过泊肃叶公式计算泡沫粘度;

步骤五:实验结束后,使可视活塞容器一(D1)中活塞底部的液体通过管线、阀门十一(T11)和阀门十四(T14)流入液体体积计量装置一(F1)中测量体积;使可视活塞容器二(D2)中活塞底部的液体通过管线、阀门十二(T12)和阀门十五(T15)流入液体体积计量装置二(F2)中测量体积。

一种泡沫粘度测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油工程和工艺技术领域,涉及油气田开发技术中化学驱油研究的物理模拟装置及方法,具体涉及一种适用于三次采油物理模拟实验用的泡沫粘度测量装置及方法。

背景技术

[0002] 国内外油田的主力油层多为渗透率高、非均质性强的砂岩油藏。经过水驱、聚驱及后续水驱的长期冲刷,使得油藏孔隙半径、吼道半径增大,在油藏中形成优势渗流通道,导致含水率上升快、水窜严重等问题。尤其是大庆油田经过六十年的长期开发,油藏非均质性十分严重,形成大量优势渗流通道,为保持大庆油田持续稳产和有效开发,急需一种既能封堵优势渗流通道和提高驱油效率的采油方法。泡沫流体具有密度可控、运动粘度高、遇水稳定,遇油消泡等特点,在油田开发中得到广泛应用,特别是在调剖堵水和控制气体流度等方面,泡沫封堵性能显著。泡沫驱作为三次采油中的一项重要的提高采收率技术,在当前世界各国油田后期开发阶段中已经成为一项重要的技术手段。

[0003] 泡沫体系的测量参数主要包括起泡性能、稳泡性能、界面张力、泡沫运动粘度、泡沫驱油效果。泡沫体系评价仪器主要包括起泡性和稳泡性评价仪、界面张力仪和泡沫物理模拟驱油评价装置。目前,没有模拟油藏孔隙介质条件测量泡沫运动粘度相关设备,无法模拟油藏、孔隙介质条件下,测量泡沫体系的运动粘度参数,导致泡沫驱机理不完善,现场方案编制缺乏理论依据。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种泡沫粘度测量装置,该泡沫粘度测量装置,能够模拟油藏条件测量泡沫在孔隙介质中的运动粘度。本发明还提供一种利用泡沫粘度测量装置进行泡沫粘度测量的方法。

[0005] 本发明的上述目的是由以下技术方案来实现的:一种泡沫粘度测量装置,包括用于模拟油藏的孔隙介质模型系统、向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫的注入系统及对孔隙介质模型系统的采出液进行计量的采出液计量系统,所述注入系统包括:

[0006] 用于向孔隙介质模型系统注入液体的第一注入系统、

[0007] 用于向孔隙介质模型系统注入气体的第二注入系统、

[0008] 用于向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫流体的第三注入系统,

[0009] 所述第三注入系统包括:

[0010] 用于存储液体、气体或泡沫流体介质的可视活塞容器一或/和可视活塞容器二、

[0011] 用于对相应液体、气体或泡沫流体介质提供输送动力的恒压恒速泵三、

[0012] 用于对所述可视活塞容器一拍摄的摄像机一、

[0013] 用于对所述可视活塞容器二拍摄的摄像机二、

[0014] 其中,所述可视活塞容器一、可视活塞容器二、恒压恒速泵三、摄像机一和摄像机

二相配合,所述可视活塞容器一和可视活塞容器二顶部通过管线连接所述第一注入系统、第二注入系统和孔隙介质模型系统,所述可视活塞容器一底部通过管线、阀门十一和阀门十三连接所述恒压恒速泵三,所述可视活塞容器二底部通过管线、阀门十二和阀门十三连接所述恒压恒速泵三。

[0015] 所述第三注入系统包括:

[0016] 用于拍摄可视活塞容器一提供照明的光源一、

[0017] 用于拍摄可视活塞容器二提供照明的光源二、

[0018] 用于测量可视活塞容器一注入量的液体体积计量装置一、

[0019] 用于测量可视活塞容器二注入量的液体体积计量装置二,

[0020] 其中,所述光源一和摄像机一位于可视活塞容器一的两侧,所述光源二和摄像机二位于可视活塞容器二的两侧;所述液体体积计量装置一通过管线、阀门十四和阀门十一连接所述可视活塞容器一底部,所述液体体积计量装置二通过管线、阀门十五和阀门十二连接所述可视活塞容器二底部。

[0021] 所述第一注入系统包括:液体活塞容器一、液体活塞容器二和恒速恒压泵一,所述恒速恒压泵一通过管线和阀门连接液体活塞容器一底部,所述液体活塞容器一顶部通过管线、阀门二和单向阀依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统;所述恒速恒压泵一通过管线和阀门三连接液体活塞容器二底部,所述液体活塞容器二顶部通过管线、阀门四和单向阀二依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统。

[0022] 所述第二注入系统包括:气体活塞容器、气体增压泵、高压气瓶和恒速恒压泵二,所述恒速恒压泵二通过管线和阀门五连接气体活塞容器底部,所述高压气瓶通过管线连接气体增压泵,所述气体增压泵通过管线和阀门六连接气体活塞容器顶部,所述体活塞容器顶部通过管线、阀门七、回压阀和单向阀一依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统。

[0023] 所述孔隙介质模型系统包括:毛细管一或/和毛细管二,所述毛细管一入口通过管线、阀门十六和压力传感器一依次连接第三注入系统、第二注入系统和第一注入系统,所述毛细管一出口通过管线、阀门十七和压力传感器二连接采出液计量系统;所述毛细管二入口通过管线、阀门十八和压力传感器三依次连接第三注入系统、第一注入系统和第二注入系统,所述毛细管二出口通过管线、阀门十九和压力传感器二连接采出液计量系统。

[0024] 所述采出液计量系统包括:活塞容器和恒速恒压泵四,所述恒速恒压泵四通过管线连接活塞容器底部,所述活塞容器顶部通过管线连接孔隙介质模型系统。

[0025] 所述液体活塞容器一、液体活塞容器二、活塞容器、可视活塞容器一、可视活塞容器二、气体活塞容器和孔隙介质模型系统在保温箱内,所述恒速恒压泵一、恒速恒压泵二、恒速恒压泵三和恒速恒压泵四泵体部分在保温箱内。

[0026] 所述恒速恒压泵一、恒速恒压泵二、恒速恒压泵三、恒速恒压泵四、摄像机一和摄像机二由计算机控制。

[0027] 一种泡沫粘度测量方法,应用泡沫粘度测量装置进行操作,包括以下步骤:

[0028] 步骤一:开启保温箱,计算机设定保温箱的温度;向所述液体活塞容器一和/或液体活塞容器二中装入溶液;设定回压阀的压力值,高压气瓶中的气体通过气体增压泵加压到回压阀的压力值,通过气体增压泵加压到回压阀的压力值的高压气体通过管线和阀门六进入气体活塞容器中,高压气体充满气体活塞容器,关闭气体增压泵和阀门六;使活塞容器

中的活塞位于顶部;使可视活塞容器一和可视活塞容器二中的活塞位于顶部;关闭所有阀门;开启恒速恒压泵一、恒速恒压泵二、恒速恒压泵三、恒速恒压泵四;

[0029] 步骤二:计算机设定恒速恒压泵四恒压模式工作,恒定压力值与回压阀的压力值相同;

[0030] 步骤三:开启阀门一、阀门二、阀门五、阀门七、阀门八、阀门十六和阀门十七,计算机设定恒速恒压泵一和恒速恒压泵二分别以恒定速度工作,液体活塞容器一中的液体和气体活塞容器中的气体在管线中混合形成泡沫进入毛细管一,毛细管一流出的气液混合物通过管线进入活塞容器的顶部;

[0031] 步骤四:计算机调整恒速恒压泵四的压力值,使压力传感器二的压力值与回压阀的压力值相等;计算机记录压力传感器一、传感器二和传感器三的压力值,通过泊肃叶公式计算泡沫粘度。

[0032] 本发明提供的另外一种泡沫粘度测量方法,应用泡沫粘度测量装置进行操作,包括以下步骤:

[0033] 步骤一:开启保温箱,计算机设定保温箱的温度;向所述液体活塞容器一和/或液体活塞容器二中装入溶液;设定回压阀的压力值,高压气瓶中的气体通过气体增压泵加压到回压阀的压力值,通过气体增压泵加压到回压阀的压力值的高压气体通过管线和阀门六进入气体活塞容器中,高压气体充满气体活塞容器,关闭气体增压泵和阀门六;使活塞容器中的活塞位于顶部;使可视活塞容器一和可视活塞容器二中的活塞位于顶部;关闭所有阀门;开启恒速恒压泵一、恒速恒压泵二、恒速恒压泵三、恒速恒压泵四;

[0034] 步骤二:计算机设定恒速恒压泵四恒压模式工作,恒定压力值与回压阀的压力值相同;

[0035] 述步骤三中,泡沫同时进入毛细管一和毛细管二的工作包括以下步骤:

[0036] (1) 开启阀门一、阀门二、阀门五、阀门七、阀门八、阀门九、阀门十、阀门十一、阀门十二和阀门十三,计算机设定恒速恒压泵一和恒速恒压泵二分别以恒定速度工作,恒速恒压泵三以恒压模式工作,恒速恒压泵三的恒定压力为回压阀的压力值,液体活塞容器一中的液体和气体活塞容器中的气体在管线中混合形成泡沫进入可视活塞容器一和可视活塞容器二的顶部,当泡沫充满可视活塞容器一和可视活塞容器二,计算机控制恒速恒压泵一和恒速恒压泵二停止工作,关闭所有阀门;

[0037] (2) 计算机控制光源一和光源二开启;计算机控制摄像机一记录可视活塞容器一中泡沫注入到毛细管一中的体积;计算机控制摄像机二记录可视活塞容器二中泡沫注入到毛细管二中的体积;

[0038] (3) 开启阀门九、阀门十一、阀门十二、阀门十三、阀门十六、阀门十七、阀门十八和阀门十九,计算机控制恒速恒压泵三以恒定速度工作,可视活塞容器一中泡沫进入毛细管一中,可视活塞容器二中泡沫进入毛细管二中,毛细管一和毛细管二流出的气液混合物通过管线进入活塞容器的顶部;

[0039] 步骤四:计算机调整恒速恒压泵四的压力值,使压力传感器二的压力值与回压阀的压力值相等;计算机记录压力传感器一、传感器二和传感器三的压力值,通过泊肃叶公式计算泡沫粘度。

[0040] 步骤五:实验结束后,使可视活塞容器一中活塞底部的液体通过管线、阀门十一和

阀门十四流入液体体积计量装置一中测量体积;使可视活塞容器二中活塞底部的液体通过管线、阀门十二和阀门十五流入液体体积计量装置二中测量体积。

[0041] 采用上述技术方案,本发明的技术效果是:本发明采用长毛细管模拟油藏孔隙介质,保证了在不同实验条件下,模拟油藏孔隙介质的一致性,为评价泡沫体系粘度性能提供保证;采用第三注入系统,在相同注入压力下,计量不同渗透率孔隙介质的注入量,实现了测量泡沫在相同注入压力下、不同孔隙介质中的粘度,同时可为不同渗透率的孔隙介质同时注入提供了定量注入参数;采用恒速恒压泵与活塞容器配合工作,保证该装置在高压条件下工作的稳定性,提高了实验控制精度;本发明采用计算机控制装置中各部件的运行,控制精度和自动化程度高。

附图说明

[0042] 图1是本发明的泡沫粘度测量装置结构示意图。

[0043] 图中:A1:恒速恒压泵一,A2:恒速恒压泵二,A3:恒速恒压泵三,A4:恒速恒压泵四,B1:液体活塞容器一,B2:液体活塞容器二,C:活塞容器,D1:可视活塞容器一,D2:可视活塞容器二,E1:毛细管一,E2:毛细管二,F1:液体体积计量装置一,F2:液体体积计量装置二,G1:气体活塞容器,G2:气体增压泵,G3:高压气瓶,H1:单向阀一,H2:单向阀二,J1:压力传感器一,J2:压力传感器二,J3:压力传感器三,K:回压阀,L1:摄像机一,L2:摄像机二,M:保温箱,N:计算机,P1:光源一,P2:光源二,T1~T19:阀门一~阀门十九。

具体实施方式

[0044] 以下结合附图和具体实施例,对本发明的泡沫粘度测量装置及方法进行详细说明。

[0045] 实施例1

[0046] 如图1所示,本发明的泡沫粘度测量装置的实施例是一种用于模拟油藏条件测量泡沫在孔隙介质中粘度的装置,包括用于模拟油藏的孔隙介质模型系统、向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫的注入系统以及对孔隙介质模型部分的采出液进行计量的采出液计量系统。

[0047] 本实施例中的孔隙介质模型系统用于模拟油藏孔隙介质,孔隙介质模型系统的入口与第一注入系统、第二注入系统和/或第三注入系统相连,孔隙介质模型系统的出口与采出液计量系统相连。孔隙介质模型可以为毛细管一E1或/和毛细管二E2,毛细管一E1的入口通过管线、阀门十六T16和压力传感器一J1依次连接第一注入系统、第二注入系统和第三注入系统,所述毛细管一E1出口通过管线、阀门十七T17和压力传感器二J2连接采出液计量系统;所述毛细管二E2入口通过管线、阀门十八T18和压力传感器三J3依次连接第三注入系统、第一注入系统和第二注入系统,所述毛细管二E2出口通过管线、阀门十九T19和压力传感器二J2连接采出液计量系统。

[0048] 孔隙介质模型的细管一E1或毛细管二E2的内部直径为0.5~2.5mm、长度为5~15m。孔隙介质模型还可以是人造岩心或填砂管,人造岩心直径为2.5~3.8cm、长为30~100cm,填砂管内部直径为2.5~3.8cm、长度为80~150cm,毛细管、人造岩心或填砂管用于模拟不同油藏孔隙介质。

[0049] 本实施例中的采出液计量系统包括活塞容器C和恒速恒压泵四A4,其中恒速恒压泵四A4通过管线连接活塞容器C的底部,活塞容器C的顶部通过管线连接孔隙介质模型系统。采用恒速恒压泵与活塞容器配合工作,实现了在高压条件下采出液连续、平稳流出孔隙介质模型系统,为注入部分提供稳定的基础压力。

[0050] 本实施例中的注入系统包括用于向孔隙介质模型系统注入液体的第一注入系统、用于向孔隙介质模型系统注入气体的第二注入系统及用于向孔隙介质模型系统注入液体、气体或泡沫流体的第三注入系统。

[0051] 其中第一注入系统包括用于存储液体介质的液体活塞容器一B1和液体活塞容器二B2、用于对相应液体介质提供输送动力的恒速恒压泵一A1,恒速恒压泵一A1通过管线和阀门T1连接液体活塞容器一B1底部,液体活塞容器一B1顶部通过管线、阀门二T2和单向阀H2依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统,另外恒速恒压泵一A1还通过管线和阀门三T3连接液体活塞容器二B2底部,液体活塞容器二B2顶部通过管线、阀门四T4和单向阀H2依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统。

[0052] 第二注入系统包括用于存储气体介质的气体活塞容器G1、用于气体介质增压的气体增压泵G2、用于存储气体介质的高压气瓶G3、用于对相应气体介质提供输送动力的恒速恒压泵二A2,恒速恒压泵二A2通过管线和阀门五T5连接气体活塞容器G1底部,高压气瓶G3通过管线连接气体增压泵G2,气体增压泵G2通过管线和阀门六T6连接气体活塞容器G1顶部,气体活塞容器G1顶部通过管线、阀门七T7、回压阀K和单向阀一H1依次连接第三注入系统和孔隙介质模型系统。

[0053] 第三注入系统包括用于存储液体、气体或泡沫流体介质的可视活塞容器一D1或/和可视活塞容器二D2、用于对相应液体、气体或泡沫流体介质提供输送动力的恒压恒速泵三A3、用于对所述可视活塞容器一D1拍摄的摄像机一L1、用于对所述可视活塞容器二D2拍摄的摄像机二L2,其中,可视活塞容器一D1、可视活塞容器二D2、恒压恒速泵三A3、摄像机一L1和摄像机二L2相配合,用于在相同注入压力下,实时计量可视活塞容器一D1或/和可视活塞容器二D2中的流体介质体积,可以得到对应的累计注入量和实时注入速度。

[0054] 其中可视活塞容器一D1顶部通过管线、阀门九T9和阀门八T8分别连接第一注入系统和第二注入系统,可视活塞容器一D1顶部通过管线、阀门九T9、压力传感器一J1和阀门十六T16连接孔隙介质模型系统中的毛细管一E1的入口端;可视活塞容器二D2顶部通过管线、阀门十T10和阀门八T8分别连接第一注入系统和第二注入系统,可视活塞容器二D2顶部通过管线、阀门十T10、压力传感器一J1和阀门十六T16连接孔隙介质模型系统中的毛细管一E1的入口端,可视活塞容器二D2顶部通过管线、压力传感器二J2和阀门十八T18连接孔隙介质模型系统中的毛细管二E2的入口端;可视活塞容器一D1底部通过管线、阀门十一T11和阀门十三T13连接所述恒压恒速泵三A3;可视活塞容器二D2底部通过管线、阀门十二T12和阀门十三T13连接所述恒压恒速泵三A3。

[0055] 为了增加第三注入系统计量的准确性,第三注入系统还包括用于拍摄可视活塞容器一D1提供照明的光源一P1、用于拍摄可视活塞容器二D2提供照明的光源二P2、用于测量可视活塞容器一D1注入量的液体体积计量装置一F1和用于测量可视活塞容器二D2注入量的液体体积计量装置二F2,光源用于提高摄像机实时录像清晰度,提高计量流体体积准确性,液体体积计量装置用于测量可视活塞容器在实验结束时的累积流体注入量,校正摄像

机记录的累积流体注入量。

[0056] 可视活塞容器一D1和可视活塞容器二D2侧面可带有刻度,配合光源一P1、摄像机一L1、光源二P2和摄像机二L2计量泡沫体积,提高计量准确性。

[0057] 其中光源一P1和摄像机一L1位于可视活塞容器一D1的两侧,光源二P2和摄像机二L2位于可视活塞容器二D2的两侧;液体体积计量装置一F1通过管线、阀门十四T14和阀门十一T11连接所述可视活塞容器一D1底部,液体体积计量装置二F2通过管线、阀门十五T15和阀门十二T12连接所述可视活塞容器二D2底部。

[0058] 在计算机N、光源一P1、光源二P2、摄像机一L1、摄像机二L2、可视活塞容器一D1、可视活塞容器二D2和恒速恒压泵三A3组成的第三注入系统中,可视活塞容器一D1和可视活塞容器二D2在恒速恒压泵三A3相同的注入压力下,分别计量流入毛细管一E1和毛细管二E2中的实时流速和累积流量,使得在相同注入压力条件下,实现入口分别计量不同毛细管或岩芯的实时流速和累积流量,避免了采用出口计量,由于在不同压力下,毛细管或岩芯内存留量差异,引起的误差。提高了泡沫的计量精度。

[0059] 为了保持装置的工作温度恒定,液体活塞容器一B1、液体活塞容器二B2、活塞容器C、可视活塞容器一D1、可视活塞容器二D2、气体活塞容器G1和孔隙介质模型系统在保温箱M内,另外恒速恒压泵一A1、恒速恒压泵二A2、恒速恒压泵三A3和恒速恒压泵四A4的泵体部分在保温箱M内。该装置的各部件及管线耐压均大于30MPa,并且耐酸碱腐蚀;恒温箱M加热温度为25℃~180℃。

[0060] 本实施例中恒速恒压泵一A1、恒速恒压泵二A2、恒速恒压泵三A3、恒速恒压泵四A4、摄像机一L1、摄像机二L2、光源一P1、光源二P2、压力传感器一J1、压力传感器二J2、压力传感器三J3及保温箱M的控制均电连接到计算机N,由计算机N设置各部件的工作参数并控制各部件按照设定的程序进行工作。

[0061] 本发明的泡沫粘度测量方法采用上述装置进行,包括以下步骤:

[0062] 步骤一:开启保温箱M,计算机N设定保温箱M的温度;向所述液体活塞容器一B1和/或液体活塞容器二B2中装入溶液;设定回压阀K的压力值,高压气瓶G3中的气体通过气体增压泵G2加压到回压阀K的压力值,通过气体增压泵G2加压到回压阀K的压力值的高压气体通过管线和阀门六T6进入气体活塞容器G1中,高压气体充满气体活塞容器G1,关闭气体增压泵G2和阀门六T6;使活塞容器C中的活塞位于顶部;使可视活塞容器一D1和可视活塞容器二D2中的活塞位于顶部;关闭所有阀门T1-T19;开启恒速恒压泵一A1、恒速恒压泵二A2、恒速恒压泵三A3、恒速恒压泵四A4;

[0063] 步骤二:计算机N设定恒速恒压泵四A4恒压模式工作,恒定压力值与回压阀K的压力值相同;

[0064] 步骤三:开启阀门一T1、阀门二T2、阀门五T5、阀门七T7、阀门八T8、阀门十六T16和阀门十七T17,计算机N设定恒速恒压泵一A1和恒速恒压泵二A2分别以恒定速度工作,液体活塞容器一B1中的液体和气体活塞容器G1中的气体在管线中混合形成泡沫进入毛细管一E1,毛细管一E1流出的气液混合物通过管线进入活塞容器C的顶部;

[0065] 步骤四:计算机N调整恒速恒压泵四A4的压力值,使压力传感器二J2的压力值与回压阀K的压力值相等;计算机N记录压力传感器一J1、传感器二J2和传感器三J3的压力值。

[0066] 测量泡沫粘度方法的回压控制通过恒速恒压泵四A4控制压力传感器二J2的压力

恒定为回压阀K的压力值,回压控制精度高,使泡沫注入压力平稳,得到准确的毛细管入口和出口的压力差。

[0067] 泡沫粘度的计算,通过泊肃叶公式和相关参数计算粘度。粘度计算公式为: $\mu = K \times \frac{\pi \Delta P r^4}{8 L Q}$

[0068] 式中 μ 为流体粘度,Q为流体的流量,L为毛细管的长度,r为毛细管的半径, ΔP 为毛细管入口和出口压力的差值,K为毛细管常数。

[0069] 实施例2

[0070] 本发明的泡沫粘度测量方法,使用的泡沫粘度测量装置同实施例1,测量泡沫同时进入不同孔隙介质模型包括以下步骤:

[0071] 本发明的泡沫粘度测量方法,测量泡沫同时进入不同孔隙介质模型包括以下步骤:

[0072] 步骤一:开启保温箱M,计算机N设定保温箱M的温度;向所述液体活塞容器一B1和/或液体活塞容器二B2中装入溶液;设定回压阀K的压力值,高压气瓶G3中的气体通过气体增压泵G2加压到回压阀K的压力值,通过气体增压泵G2加压到回压阀K的压力值的高压气体通过管线和阀门六T6进入气体活塞容器G1中,高压气体充满气体活塞容器G1,关闭气体增压泵G2和阀门六T6;使活塞容器C中的活塞位于顶部;使可视活塞容器一D1和可视活塞容器二D2中的活塞位于顶部;关闭所有阀门T1-T19;开启恒速恒压泵一A1、恒速恒压泵二A2、恒速恒压泵三A3、恒速恒压泵四A4;

[0073] 步骤二:计算机N设定恒速恒压泵四A4恒压模式工作,恒定压力值与回压阀K的压力值相同;

[0074] 步骤三:

[0075] (1) 开启阀门一T1、阀门二T2、阀门五T5、阀门七T7、阀门八T8、阀门九T9、阀门十T10、阀门十一T11、阀门十二T12和阀门十三T13,计算机N设定恒速恒压泵一A1和恒速恒压泵二A2分别以恒定速度工作,恒速恒压泵三以恒压模式工作,恒速恒压泵三的恒定压力为回压阀K的压力值,液体活塞容器一B1中的液体和气体活塞容器G1中的气体在管线中混合形成泡沫进入可视活塞容器一D1和可视活塞容器二D2的顶部,当泡沫充满可视活塞容器一D1和可视活塞容器二D2,计算机N控制恒速恒压泵一A1和恒速恒压泵二A2停止工作,关闭所有阀门T1-T19;

[0076] (2) 计算机N控制光源一P1和光源二P2开启;计算机N控制摄像机一L1记录可视活塞容器一D1中泡沫注入到毛细管一E1中的体积;计算机N控制摄像机二L2记录可视活塞容器二D2中泡沫注入到毛细管二E2中的体积;

[0077] (3) 开启阀门九T9、阀门十一T11、阀门十二T12、阀门十三T13、阀门十六T16、阀门十七T17、阀门十八T18和阀门十九T19,计算机N控制恒速恒压泵三A3以恒定速度工作,可视活塞容器一D1中泡沫进入毛细管一E1中,可视活塞容器二D2中泡沫进入毛细管二E2中,毛细管一E1和毛细管二E2流出的气液混合物通过管线进入活塞容器C的顶部;

[0078] 步骤四:计算机N调整恒速恒压泵四A4的压力值,使压力传感器二J2的压力值与回压阀K的压力值相等;计算机N记录压力传感器一J1、传感器二J2和传感器三J3的压力值。

[0079] 步骤五:实验结束后,使可视活塞容器一D1中活塞底部的液体通过管线、阀门十一T11和阀门十四T14流入液体体积计量装置一F1中测量体积;使可视活塞容器二D2中活塞底部的液体通过管线、阀门十二T12和阀门十五T15流入液体体积计量装置二F2中测量体积。

[0080] 泡沫粘度的计算,通过泊肃叶公式和相关参数计算粘度。粘度计算公式为: $\mu = K \times \frac{\pi \Delta P r^4}{8 L Q}$

[0081] 式中 μ 为流体粘度, Q 为流体的流量, L 为毛细管的长度, r 为毛细管的半径, ΔP 为毛细管入口和出口压力的差值, K 为毛细管常数。

[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。

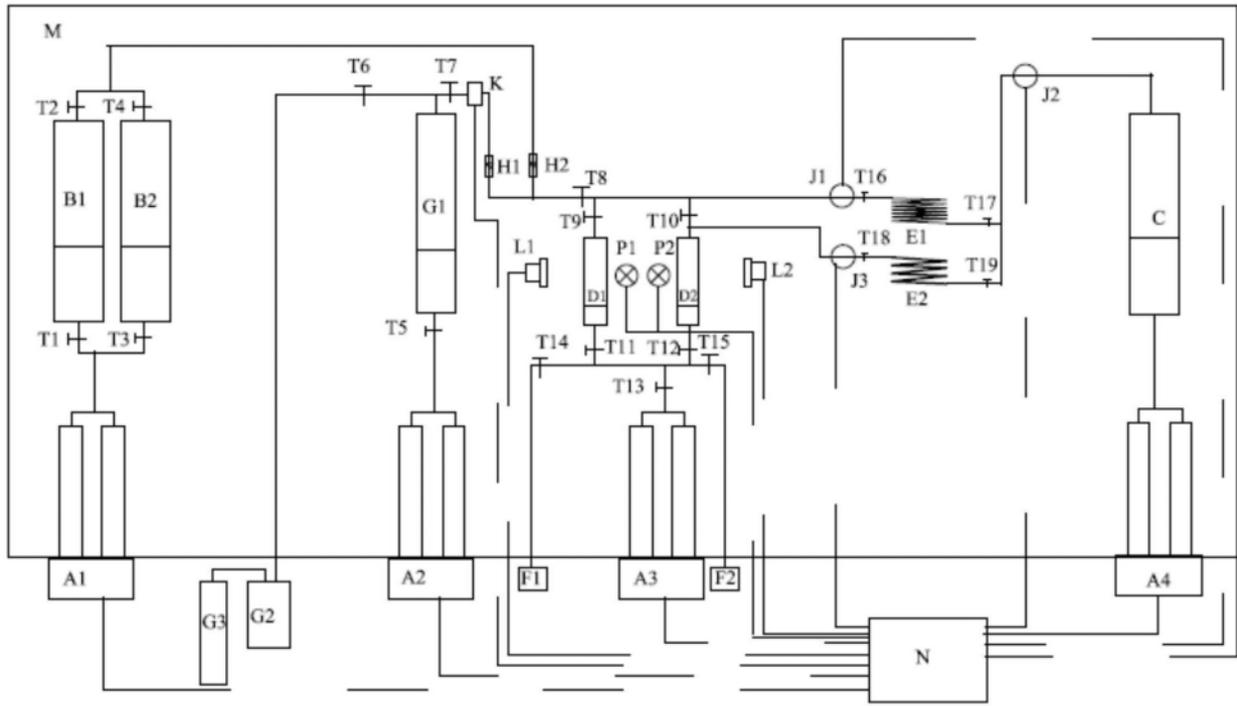


图1