



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105225595 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 06

(21) 申请号 201510669146. X

(22) 申请日 2015. 10. 13

(71) 申请人 内蒙古科技大学

地址 014010 内蒙古自治区包头市昆区阿尔丁大街7号

(72) 发明人 唐俊 李德荣 罗宁 刘兴薇

(74) 专利代理机构 北京鼎佳达知识产权代理事务所(普通合伙) 11348

代理人 侯蔚寰

(51) Int. Cl.

G09B 25/00(2006. 01)

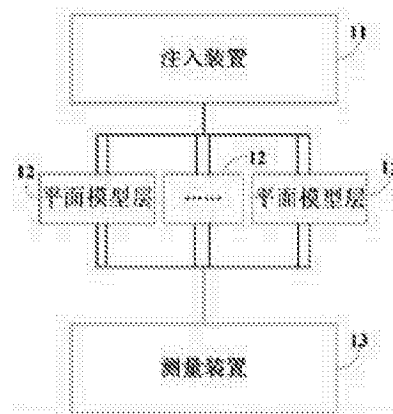
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

油层模拟处理方法

(57) 摘要

本发明公开了一种油层模拟处理方法,该方法使用的系统包括:注入装置,多个平面模型层以及测量装置;其中注入装置与每一平面模型层相连,每一平面模型层与测量装置相连,并且其中,注入装置用于将驱替流体注入到多个平面模型层中;多个平面模型层,由不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,用于模拟多层油藏的不同子层,所述注入装置包括贯穿各个平面模型层的井眼,在该井眼的壁上包含一个或多个横向延伸到平面模型层中的射孔。



1. 一种油层模拟处理方法,其特征在于,该方法使用如下模拟系统,该模拟系统包括:注入装置,多个平面模型层以及测量装置;所述注入装置与每一所述平面模型层相连,每一所述平面模型层与所述测量装置相连,其中,

所述注入装置,用于将驱替流体注入到所述多个平面模型层中;

所述多个平面模型层,由不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,用于模拟多层油藏的不同子层;

其中,在每一所述平面模型层的正面布置压力测量点,用于测量每一所述平面模型层的压力测量点的压力场,并且在每一所述平面模型层的背面布置电极测量点,用于测量每一所述平面模型层的流场和饱和度场;

所述测量装置,用于采集每一所述平面模型层的所述压力场、流场以及饱和度场;

所述注入装置包括贯穿各个平面模型层的井眼,在该井眼的壁上包含一个或多个横向延伸到平面模型层中的射孔。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述射孔与井眼壁垂直或者斜向下与井眼壁呈 $60-80^{\circ}$ 角。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,通过包括如下步骤的方法形成射孔:将多个聚能射孔弹和多个由氧化剂、燃料和惰性粘合剂构成的反应性复合材料的丸状物设置在射孔枪中;

将该射孔枪定位在井眼中;

通过引爆所述多个聚能射孔弹使所述多个丸状物分解;

使用由聚能射孔弹的引爆所产生的碳和热以及分解的反应性复合材料的氧化剂组分来产生第一部分的射孔气体;以及

通过将第一部分的射孔气体所产生的热施加到分解的反应性复合材料的氧化剂组分和燃料来产生第二部分的射孔气体。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述注入装置还包括氮气瓶、中间容器以及稳压仪;其中,

所述氮气瓶,连接于所述稳压仪,为所述中间容器提供气源;

所述稳压仪,连接于所述中间容器,用于控制所述气源,保证提供连续稳定的供给压力给所述中间容器;

所述中间容器,连接于每一所述平面模型层,根据所述气源产生驱替流体,并将所述驱替流体注入每一所述平面模型层中。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述注入装置包括高精度驱替泵,连接于每一所述平面模型层,用于产生驱替流体注入每一所述平面模型层中。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,每一所述平面模型层里设置有电极线,通过导电胶与所述平面模型层进行胶结;在每一所述平面模型层正面布置所述压力测量点,背面布置所述电极测量点后,用环氧树脂对模型层进行整体浇铸,所述环氧树脂为改性环氧树脂,其中改性组分中使用二缩水甘油醚作为增韧改性组分,使用低聚醚的嵌段低聚物作为增柔改性组分,所述增韧改性组分的含量为基于改性环氧树脂重量计3-5重量%,所述增柔改性组分含量为基于改性环氧树脂重量计1-2重量%。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述测量装置包括:多路数

据采集器,电阻率测量仪,压力巡检仪、计算机;其中,

所述多路数据采集器,连接每一个所述平面模型层,用于采集所述平面模型上的各个所述电极测量点之间的电阻率,发送至所述电阻率测量仪;

所述电阻率测量仪,连接所述多路数据采集器,用于测量所述电阻率的数值,并根据所述电阻率的数值计算生成所述平面模型层的流场以及所述饱和度场,发送给所述计算机记录;

所述压力巡检仪,连接每一个所述平面模型层,采集测量所述平面模型层上各个所述压力测量点的压力场,并将所述压力场发送至所述计算机记录;

所述计算机连接于所述电阻率测量仪以及所述压力巡检仪,记录并显示所述流场,饱和度和压力场。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述多路数据采集器还用于按照用户设定的控制程序控制所述多路数据采集器采集各个所述电极测量点之间的电阻率,所述系统还包括采出装置,所述采出装置连接每一所述平面模型层,包括微流量计以及电子天平;其中,

所述微流量计连接每一所述平面模型层以及所述电子天平,用于测量所述平面模型层的采出流体的速度;

所述电子天平连接于所述微流量计,用于测量所述平面模型层的产出流体的产量。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,包括如下步骤:

根据需要选择多个平面模型层;

将驱替流体注入到所述多个平面模型层;

采集测量所述多个平面模型层的压力场、流场以及饱和度场。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述采集测量所述多个平面模型的压力场、流场以及饱和度场还包括:

输入控制程序,根据所述控制程序采集测量所述多个平面模型层的流场以及饱和度场。

油层模拟处理方法

技术领域

[0001] 本发明是涉及油藏开采行业平面模拟实验方法,具体涉及一种更接近真实油藏情况的油层模拟处理方法。

背景技术

[0002] 用于对油田现场开发生产进行室内物理模拟的实验研究主要采用一维岩心和平板模型。对于很多低渗透油藏来说,其中一个显著特征就是非均质性强,不同部位储层物性差异较大,对流体流动的控制作用不同。由于非均质性的存在,多层系油藏层间动用程度差异较大、层间干扰严重、各层水驱效果差异较大。

[0003] 为了研究这类油藏多层合注合采时,各层水驱效果差异、流体流动特征及分布规律,现有技术通过并联实验系统将几块一维岩心并联驱替进行实验,得到了一些有益结论。由于低渗透油藏渗流规律的复杂性,传统的一维小岩芯非线性渗流实验研究并不能完全反映出流体在二维方向上的非线性渗流规律。现有技术还通过采用低渗透天然砂岩平板露头制作低渗透平板物理模型并进行渗流实验,得到了一些有益结论。由于实验室条件限制,目前尚无学者采用平板模型对多层系油藏层间动用程度、层间干扰、各层水驱效果进行实验研究。例如 CN103247215A 采用一种渗透油藏多层合采物理模拟系统,采集每一所述平面模型的所述压力场、流场以及饱和度场。通过引用将该专利文献披露的全部内容并入本文。

[0004] CN1936963A 公开了一种虚拟油层自然模拟的方法,其特征在于包括如下步骤:初始化步骤,初始化油层 L 的三个参数随机高度范围、平滑系数 W 和含油量系数 R;随机高度值生成步骤,建立一个长宽大于油层 L 的最小的 2 的指数的高度场 M,使用改进的 Diamond-Square 算法生成随机高度值;高度场选择步骤,将高度场 M 的高度值赋给虚拟油层 L,舍弃那些不属于油层的高度场;绘制步骤,生成油层的不规则效果和遍历虚拟油层 L,计算任一点的随机颜色值,这样就可以得到一个符合自然分布的虚拟油层并在显示器上绘制出来。

[0005] CN1491315A 公开了一种对储油层模拟处理建模的方法,包括以下步骤:获取一组包括储油层矿物质的定量储油层参数;设计包括化学品种混合物的第一处理流体;获取第一组可以在矿物质和处理流体的成份之间发生的化学反应;所述反应由他们的平衡和他们的动力学特性来限定;选择所述第一组化学反应的子组,以形成所述矿物质与所述处理流体的反应模型并预测处理带来的损坏;以及反复调整模拟处理以优化结果。

[0006] CN103104238A 公开了一种微生物驱油数值模拟方法,本方法将复杂的微生物提高采收率机理归纳为:降低原油粘度、改变岩石渗透率和表面润湿性、改变油水相对流动能力和残余油饱和度;采用实验和数学方法建立驱油参数与微生物参数定量关系;通过生物场参数计算模块与油藏数值模拟器之间的数据实时交换实现微生物驱油数值模拟计算,快捷高效地进行微生物驱油方案设计和微生物驱油效果预测,满足油田开发工程设计的需要。

[0007] CN102373918A 公开了一种用于模拟原油在油层渗流过程的低渗油藏油井间歇生产模拟实验装置,该专利文献研究油井周围地层渗流规律和井筒动液面变化规律。其技术

方案：储油罐用管线联接智能阀，出口端联接高压泵，高压泵与稳压阀联接，稳压阀联接渗流板的入口端；渗流板下部安装凹型托盘，凹型托盘下部紧贴加热电阻，凹型托盘内嵌温度传感器；渗流板的上部有盖板，盖板安有等距离压力传感器，压力传感器旁有取样口，取样口与盖板间安截止阀；凹型托盘与盖板间为填沙槽，入口端有注液缝，出口端接智能阀；各传感器与数据采集卡连接，再与计算机、指令输出卡连接。

[0008] CN104636536A 公开了一种利用 CMG 软件进行聚驱后凝胶与化学剂交替注入驱油的数值模拟方法，其特征在于，具体步骤如下：步骤一、模拟区块确定；步骤二、数值模拟预测方案设计；步骤三、数值模拟预测方案结果与分析。

[0009] CN203412578U 公开了一种油层层间非均质物理模型，主要解决了现有技术中存在的现有岩心资源无法满足聚驱后一类油层特点的问题。其特征在于：所述的主体从上至下分为四层，分别为低渗透层、中渗层、高渗层、特高渗层。

[0010] CN2054925 公开了一种改进的平面油层物理模型，它主要用于在室内研究石油和天然气在地下的渗流规律。其特征在于上板与背板中夹有弹性膜，背板上有背压孔，它能有效地防止由于上板和背板的变形，所产生的液体直接从模拟油层同上板和背板接触间流过而不经模拟油层渗流的串皮现象。

[0011] 然而，上述现有技术中仍存在诸多需要改进之处，例如在 CN103247215A 中，虽然采用多层合采实验来较为真实地模拟油层，但是对油层的真实情况模拟度仍不够高，例如忽略了射孔的影响、忽略了油层中细孔或裂纹的影响。因此，本领域需要一种能够较为逼真地模拟真实油层情况的处理方法。

发明内容

[0012] 为克服现有技术中存在的上述问题，本发明人经过深入研究和大量试验，提出了如下解决方案。

[0013] 在本发明的一方面，提供了一种油层模拟处理方法，其特征在于，该方法使用如下模拟系统，该模拟系统包括：注入装置，多个平面模型层以及测量装置；所述注入装置与每一所述平面模型层相连，每一所述平面模型层与所述测量装置相连，其中，

[0014] 所述注入装置，用于将驱替流体注入到所述多个平面模型层中；

[0015] 所述多个平面模型层，由不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成，用于模拟多层油藏的不同子层；

[0016] 其中，在每一所述平面模型层的正面布置压力测量点，用于测量每一所述平面模型层的压力测量点的压力场，并且在每一所述平面模型层的背面布置电极测量点，用于测量每一所述平面模型层的流场和饱和度场；

[0017] 所述测量装置，用于采集每一所述平面模型层的所述压力场、流场以及饱和度场；

[0018] 所述注入装置包括贯穿各个平面模型层的井眼，在该井眼的壁上（即井壁）包含一个或多个横向延伸到平面模型层中的射孔。

[0019] 在现有技术中，例如在 CN103247215A 中，未采用射孔，因此对真实的油层模拟程度偏低。为此，本发明人提出了设置射孔来进一步增强对油层的模拟。本领域中一般认为，在较小型的模拟层中没有必要设置射孔，或者认为射孔的设置工艺繁琐，会极大增强模拟

成本。本发明人克服了这种偏见，在模拟油层中设置多个射孔，充分提高了对油藏渗透性以及油气流动性的模拟度。

[0020] 优选地，所述射孔与井眼壁垂直或者斜向下与井眼壁呈 60-80° 角。

[0021] 在一个优选实施方式中，在上述方法中，通过包括如下步骤的方法形成射孔：将多个聚能射孔弹和多个由氧化剂、燃料和惰性粘合剂构成的反应性复合材料的丸状物设置在射孔枪中；将该射孔枪定位在井眼中；通过引爆所述多个聚能射孔弹使所述多个丸状物分解；使用由聚能射孔弹的引爆所产生的碳和热以及分解的反应性复合材料的氧化剂组分来产生第一部分的射孔气体；以及通过将第一部分的射孔气体所产生的热施加到分解的反应性复合材料的氧化剂组分和燃料来产生第二部分的射孔气体。

[0022] 在本发明中，通过产生能够与聚能射孔弹引爆产生的碳残余物反应的足够的氧化性化合物，可以提高聚能射孔弹爆炸物的威力、性能和 / 或有效性。这种氧化性化合物可引发爆燃反应。以说明方式，下面的平衡方程式显示了由 TNT 的引爆所产生的反应产物：

[0023] $C_6H_2(NO_2)_3CH_3 = 6CO + 2.5H_2 + 1.5N_2 + C \dots$ 方程 (1)

[0024] 可以看出，碳因为的氧不足而没有完全转化为一氧化碳。认为具有在化学反应完成时剩余的单体碳的爆炸物存在负的氧平衡。例如，TNT 可以具有 74% 的氧平衡。

[0025] 在本发明的实施方案中，反应性复合材料提供了足够的氧化性物质以在次级反应中利用碳残留物，氧化剂释放的氧可与燃料碳或氢剧烈反应：

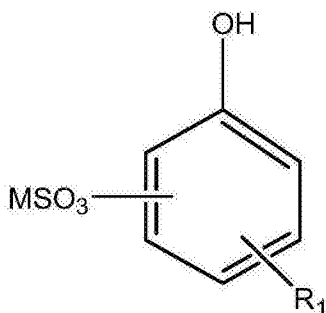
[0026] $C(s) + O_2(g) + CO_2(g) \Delta h = -393.5kJ \dots$ 方程 (2)

[0027] 以举例方式，反应性复合材料可以兼具有氧化剂例如高氯酸钾和爆炸物例如 TNT。两种组分混合的方式将控制次级反应的时间和速度。

[0028] 通过采用本发明的射孔方法，使得射孔工艺变得更加可控，能够在更精细的空间中控制射孔操作，并且，由于采用二级轰击，使得第二次射孔可以对射孔进行清洗并且可以在射孔周围的砂砾岩石中进一步产生裂缝，从而更加逼真地模拟真实的油层状况。

[0029] 在本发明中，所述驱替流体优选包含表面活性剂，该表面活性剂为经过烷基化处理的羟基取代芳族磺酸盐的表面活性剂，所述经过烷基化处理的羟基取代芳族磺酸盐具有以下通式 (a)：

[0030]



[0031] 其中 R₁ 是含有约 10- 约 30 个碳原子且具有约 25% - 约 40% 甲基分支的烷基，M 是一价阳离子。

[0032] 优选地，R₁ 衍生自异构化 α 烯烃，一价阳离子是碱性金属或铵。

[0033] 本发明人经研究发现，当在驱替流体中使用上述羟基取代芳族磺酸盐时，可显著减少驱替流体中使用的溶剂的量。当在驱替流体中使用羟基取代磺酸钠时，在大致维持或

提高采油量的同时使溶剂的用量减少 20-40%。这样的技术效果是先前所未曾预料到的。这样的驱替流体与本发明实际油藏开采中使用的驱替流体一致。

[0034] 在一个优选实施方式中,所述注入装置还包括氮气瓶、中间容器以及稳压仪;其中,

[0035] 所述氮气瓶,连接于所述稳压仪,为所述中间容器提供气源;

[0036] 所述稳压仪,连接于所述中间容器,用于控制所述气源,保证提供连续稳定的供给压力给所述中间容器;

[0037] 所述中间容器,连接于每一所述平面模型层,根据所述气源产生驱替流体,并将所述驱替流体注入每一所述平面模型层中。

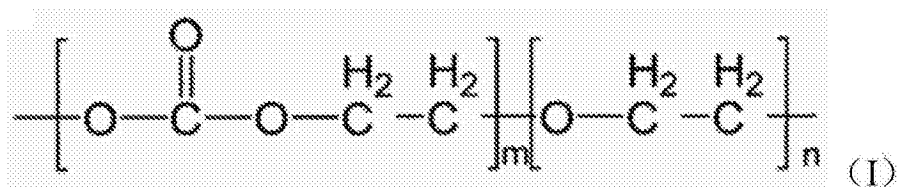
[0038] 所述注入装置可以包括高精度驱替泵,连接于每一所述平面模型层,用于产生驱替流体注入每一所述平面模型层中。

[0039] 进一步地,每一所述平面模型层里设置有电极线,通过导电胶与所述平面模型层进行胶结;在每一所述平面模型层正面布置所述压力测量点,背面布置所述电极测量点后,用环氧树脂对模型层进行整体浇铸,所述环氧树脂为改性环氧树脂,其中改性组分中使用二缩水甘油醚作为增韧改性组分,使用低聚醚的嵌段低聚物作为增柔改性组分,所述增韧改性组分的含量为基于改性环氧树脂重量计 3-5 重量%,所述增柔改性组分含量为基于改性环氧树脂重量计 1-2 重量%。

[0040] 本发明人经过研究发现,当单纯使用环氧树脂时,射孔操作会导致环氧层的破裂,从而无法准确模拟或维持油层或储层的非均质性。为此,本发明人经过大量研究,通过对环氧树脂进行改性,有效解决了该问题。这样的技术效果是本领域技术人员先前所不可能预料到的。该改性方法能够实现改性环氧树脂的韧性和柔性的最佳平衡。

[0041] 所述低聚醚的嵌段低聚物优选为下式 (I) 所示的化合物:

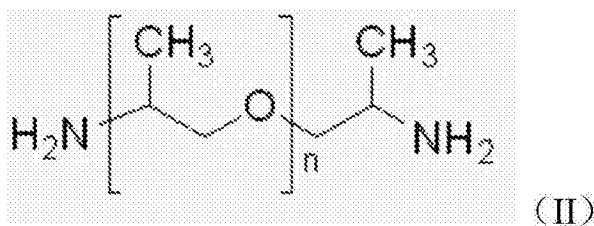
[0042]



[0043] 比值 m 可以为 0.66, 比值 n 可以为 0.34。该嵌段低聚物的端基可以为 H、甲基或乙基, 优选为 H。该嵌段低聚物的数均分子量优选为 200-1000。

[0044] 或者,所述低聚醚的嵌段低聚物优选为下式 (II) 所示的化合物:

[0045]



[0046] n 可以为 10-100。

[0047] 当然,本领域技术人员可以意识到,还可以使用式 (I) 所示化合物与式 (II) 所示化合物的混合物。

[0048] 优选地,所述测量装置包括:多路数据采集器,电阻率测量仪,压力巡检仪、计算机;其中,所述多路数据采集器,连接每一个所述平面模型层,用于采集所述平面模型上的各个所述电极测量点之间的电阻率,发送至所述电阻率测量仪;所述电阻率测量仪,连接所述多路数据采集器,用于测量所述电阻率的数值,并根据所述电阻率的数值计算生成所述平面模型层的流场以及所述饱和度场,发送给所述计算机记录;所述压力巡检仪,连接每一个所述平面模型层,采集测量所述平面模型层上各个所述压力测量点的压力场,并将所述压力场发送至所述计算机记录;所述计算机连接于所述电阻率测量仪以及所述压力巡检仪,记录并显示所述流场,饱和度场以及压力场。

[0049] 优选地,所述多路数据采集器还用于按照用户设定的控制程序控制所述多路数据采集器采集各个所述电极测量点之间的电阻率,所述系统还包括采出装置,所述采出装置连接每一所述平面模型层,包括微流量计以及电子天平;其中,所述微流量计连接每一所述平面模型层以及所述电子天平,用于测量所述平面模型层的采出流体的速度;所述电子天平连接于所述微流量计,用于测量所述平面模型层的产出流体的产量。

[0050] 进一步地,所述方法可以包括如下步骤:根据需要选择多个平面模型层;将驱替流体注入到所述多个平面模型层;采集测量所述多个平面模型层的压力场、流场以及饱和度场。

[0051] 在一个特别优选的实施方式中,所述采集测量所述多个平面模型的压力场、流场以及饱和度场还包括:输入控制程序,根据所述控制程序采集测量所述多个平面模型层的流场以及饱和度场。本发明可以在多层合采实验时能自动记录各分层的压力场和流场。在模拟多层油藏开发时,可分别了解每一层在开发过程中的压力变化和流场变化是了解油藏开发规律,评价现有开发效果和制定下一步调整计划的基础。目前已有实验技术不能同时测量压力场和流场,从而对实验结果的分析不够完善;本发明实现了多层油藏开发过程物理模拟实验的压力场和流场的同时测量。

[0052] 在本发明中,通过井眼和射孔的设置,能够更准确地模拟油层的真实情况。另外,改性环氧树脂的使用,避免了射孔过程中对模拟油层的破坏作用。

附图说明

[0053] 下述附图用来理解本发明,并不构成对本发明的限定。

[0054] 图 1 是根据本发明实施例的油层模拟处理方法的结构示意图。

具体实施方式

[0055] 为使本发明的目的更为清楚,下面结合附图对本发明实施例做进一步详细说明。

[0056] 实施例 1

[0057] 如图 1 所示,本发明方法使用的系统包括:注入装置,多个平面模型层以及测量装置;其中,

[0058] 注入装置 11,用于将驱替流体注入到多个平面模型层 12;

[0059] 多个平面模型层 12,采用不同的几何尺寸和井网类型,不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,在所述平面模拟层形成有多个贯穿各个平面模型层的井眼或井筒,同时通过上文所述的二级爆轰方式形成多个射孔(未示出),用于模拟多层油藏的各个平面;

[0060] 其中,在每一平面模型层 12 的正面布置压力测量点,用于测量每一平面模型层 12 的压力场,在每一平面模型层 12 的背面布置了电极测量点,用于测量每一平面模型层 12 的流场变化情况和饱和度场变化情况;

[0061] 测量装置 13,用于采集测量多个平面模型层 12 的压力场、流场以及饱和度场;

[0062] 在本实施例中,平面模型层的制作是根据具体实验,由多层油藏中的不同子层分别采用不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,几何尺寸和井网类型可根据具体实验的需要而定。在平面模型层 12 正面布置注采井和压力测量点,根据实验的需要可割缝模拟了采油井水力压裂,在平面模型层 12 背面布置了测量电极,用于根据电阻率法测量单相实验中流场变化情况和两相实验中饱和度场变化情况。电极线通过导电胶与平面模型层 12 进行胶结。经过压力测点和电阻测点布置后,用改性环氧树脂对平面模型层 12 进行整体浇铸。待密封胶固结后,将平面模型层 12 抽真空;抽真空过程中在平面模型层 12 上连接压力表,保证抽真空过程充分进行。应用外界大气压进行地层水初步饱和,最后用驱替泵向平面模型层 12 中注入地层水,憋压 24 小时,然后将平面模型层 12 静止放置 48 小时,以使平面模型层 12 充分均匀地饱和地层水。

[0063] 本发明相比较现有技术中针对平板模型在研究多层合采实验技术方面的空白,发明了一种油层模拟处理方法及方法,可以在多层合采实验时能自动记录各分层的压力场和流场。在模拟多层油藏开发时,可分别了解每一层在开发过程中的压力变化和流场变化是了解油藏开发规律,评价现有开发效果和制定下一步调整计划的基础。另外,在本发明中,通过井眼和射孔的设置,能够更准确地模拟油层的真实情况。进一步地,改性环氧树脂的使用,避免了射孔过程中对模拟油层的破坏作用。

[0064] 本书面描述使用实例来公开本发明,包括最佳模式,且还使本领域技术人员能够制造和使用本发明。本发明的可授予专利的范围由权利要求书限定,且可以包括本领域技术人员想到的其它实例。如果这种其它实例具有不异于权利要求书的字面语言的结构元素,或者如果这种其它实例包括与权利要求书的字面语言无实质性差异的等效结构元素,则这种其它实例意图处于权利要求书的范围之内。在不会造成不一致的程度下,通过参考将本文中参考的所有引用之处并入本文中。

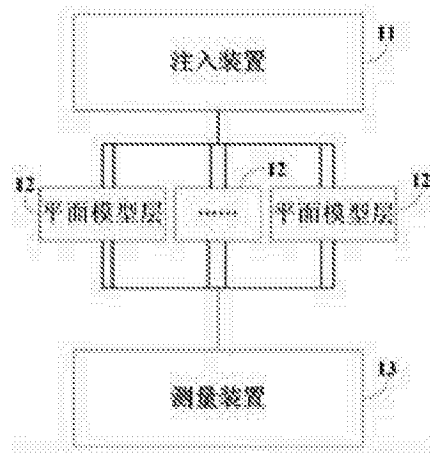


图 1