



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104989348 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201510423929. X

(22) 申请日 2015. 07. 18

(71) 申请人 东北石油大学

地址 163318 黑龙江省大庆市高新区发展路
199 号

(72) 发明人 刘丽 皮彦夫 尹洪军 李泉志
孙红敏 刘小双 冯德志

(74) 专利代理机构 大庆知文知识产权代理有限
公司 23115

代理人 李建华

(51) Int. Cl.

E21B 43/22(2006. 01)

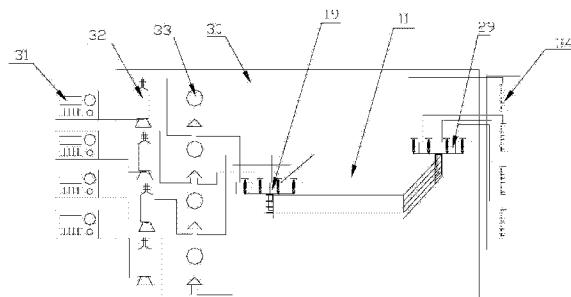
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种模拟矿场试验的分质分注装置与方法

(57) 摘要

一种模拟矿场试验的分质分注装置与方法。主要目的在于提供一种试验装置以及进行试验的方法，以求为矿场试验提供有针对性的室内实验和评价方法。其特征在于：所述装置包括非均质浇铸复合岩心、注入单元、采出单元以及与所述注入装置相配合的若干恒速平流泵、活塞容器和压力表，以及与所述采出装置相配合的量筒；非均质浇铸复合岩心、注入单元、采出单元以及活塞容器和压力表均置于恒温箱内；其中，所述恒速平流泵分别连接到对应的活塞容器的底部，为各活塞容器内部驱替液提供运移的动力；所述活塞容器的出口端经由对应的压力表监测各层注入压力后经管线连接至注入装置的钢管线之后实现分层注入。



1. 一种模拟矿场试验的分质分注装置,包括非均质浇铸复合岩心(11)、注入单元(19)、采出单元(29)以及与所述注入装置相配合的若干恒速平流泵(31)、活塞容器(32)和压力表(33),以及与所述采出装置相配合的量筒(34);非均质浇铸复合岩心(11)、注入单元(19)、采出单元(29)以及活塞容器(32)和压力表(33)均置于恒温箱(30)内;

其中,所述恒速平流泵分别连接到对应的活塞容器的底部,为各活塞容器内部驱替液提供运移的动力;所述活塞容器的出口端经由对应的压力表(33)监测各层注入压力后经管线连接至注入装置(19)的钢管线(21)之后实现分层注入;

非均质浇铸复合岩心层数为2到4层,每层层内渗透率一致,不同层渗透率不同,所述非均质浇铸复合岩心外形为方形,其注、采两端分别被钻穿,形成注入井孔洞(23)和采出井孔洞(22);在所述注入井孔洞和采出井孔洞内先分别下入相匹配的圆筒状密封胶圈,然后再在所述圆筒状密封胶圈内分别固定相应的电木筒(8),所述电木筒的上端面开有与非均质层数相同的进液孔(9),侧面开有与进液孔数量相对应的出液孔(10),所述出液孔的位置从上到下依次对应所述非均质浇铸复合岩心的各渗层,如低渗层、中渗层、高渗层和特高渗层的中间位置,每一个进液孔仅与一个出液孔相连通,形成液流通道(12);所述圆筒状密封胶圈对应每个出液孔开有一个贯穿筒壁直达所述非均质浇铸复合岩心的过流孔;

其中,注入单元(19)和采出单元(29)的结构相同,均为一个方形的不锈钢封闭容器(1);所述不锈钢封闭容器的内部中央固定有一个立方体胶皮柱(6),在所述不锈钢封闭容器的四个侧壁上开有挡板卡槽(5),穿过所述挡板卡槽插入液体挡板(2),所述液体挡板的一端插入立方体胶皮柱(6)内,所述液体挡板的另一端位于所述不锈钢封闭容器外;由插入的所述液体挡板将所述不锈钢封闭容器内分隔成若干个单独隔离区(28);

在所述不锈钢封闭容器的顶部和底部,对应每个单独隔离区(28),分别开有一个注入孔(4)和一个流出孔(7)以及一个尖嘴螺栓下入孔(3);其中,所述注入孔上固定连接钢管线(21),注入孔与单独隔离区(28)的内腔相连通;所述流出孔的顶端固定有带有中央孔道的胶皮基座(14),在所述胶皮基座的上端固定密封胶皮块(15),所述密封胶皮块主体为正方体胶皮块,中心部位为漏斗形状凹槽,所述漏斗形状凹槽的中央通道与所述胶皮基座的中央孔道相连通;所述尖嘴螺栓下入孔内固定有一个带内螺纹的螺栓外套管(18),由旋转把手(20)、螺栓主体(17)和尖嘴(16)连接后构成的尖嘴螺栓固定在所述螺栓外套管内;所述尖嘴与所述密封胶皮块的漏斗形状凹槽相配合,所述尖嘴旋入所述密封胶皮块的最深处后,两者可实现对液体的密封;

所述流出孔与所述电木筒上端面的进液孔之间相连通,在所述电木筒的上端面与不锈钢封闭容器(1)之间固定有密封垫圈(13);

注入单元(19)中的钢管线连接对应活塞容器的出口端,采出单元(29)中的钢管线连接对应量筒的入口端。

2. 利用权利要求1所述分质分注装置进行模拟矿场试验的方法,该方法由如下步骤组成:

第一步,采用岩心多孔介质平均孔隙半径与聚合物溶液的分子折算半径比值的方法判断聚合物溶液的可注入性,当该比值大于5时可以注入,以此来评价待注入聚合物与储层的匹配性,从而选择出可注入的聚合物,具体方式如下:

针对各渗透层每层配制至少1种聚合物溶液样品,测试各样品的分子折算半径 r_t ;

选择模拟储层的不同渗透率岩样切成两部分,一部分岩样进行高精度 CT 仪器扫描获得样品喉道半径范围 R_c ,另一部分样品饱和水、饱和油测试岩样的孔隙度与原始含油饱和度,获得渗透率岩心基本参数数据;

以平均孔隙半径与聚合物分子线团折算半径比 (r_t/R_c) 作为聚合物与岩心配伍性的特征参数,聚合物能通过岩心而不堵塞孔隙的条件是 $r_t/R_c > 5$,当测试结果显示的比值大于 5 时,确定对应的聚合物溶液可注入;

第二步,按照矿场实验所初步确定的分注分采方案,在步骤一所确定的可注入聚合物溶液的范围内选择合适的可注入聚合物溶液以便进行室内分注分采实验;

第三步,将步骤二中选择出的对应不同渗透率储层的可注入聚合物溶液分别注入到权利要求 1 所述分质分注装置中注入单元(19)的不同活塞容器内作为内部驱替液;

第四步,由权利要求 1 所述分质分注装置中对应恒速平流泵分别为各活塞容器内部驱替液提供运移的动力,使其按照实验要求的速度流向压力表,监测各层注入压力,然后再从压力表向不同渗透率的储层分层注入;

第五步,按照实验要求选择对各不同渗透率储层的注入与否或注入时机;以及注入压力;

第六步,将已经在权利要求 1 所述分质分注装置中的非均质浇铸复合岩心(11)内部运移驱替完毕的驱替液经由采出单元(29)分开采出,之后运输到对应量筒(34)的内部,实现收集与计量;

第七步,按照步骤六所得出的计量数据计算含水率、采出程度以及各层分流率,以该实验结果评价步骤一中采用的矿场实验初步确定的分注分采方案是否合理。

一种模拟矿场试验的分质分注装置与方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种用于油气田开发领域中的模拟矿场试验的分质分注装置与方法，具体的说是涉及到一种可以模拟聚驱的室内实验装置及方法。

背景技术：

[0002] 目前聚合物驱油已在各油田大规模应用，随着原油开采产量的要求，聚驱对象已经开始针对渗透率较低、层内或层间极差较大的二类或三类储层，采用笼统注入技术，会导致层间相对高渗层动用较低，低渗层聚合物实际注入较少的矛盾，笼统注入也常会导致压力增幅过大，接近或超过破裂压力，导致其注入参数受到制约，影响注入效果。开发实践表明，层内层数太多，层间非均质性差造成驱替动用状况很不均衡。笼统注入时，渗透率高的好油层动用程度高；而渗透率低的差油层动用程度较低。聚驱后后续水驱阶段，因为薄差油层渗透率低，吸附捕集聚合物作用增加，残余阻力系数增大，使薄差油层渗流能力大幅度降低，动用程度低，也会影响了聚合物驱总体驱替效果，多层笼统注入合采合注开发效果较差。为了增加开采效果，目前的趋势是从笼统注聚转变分层分质注聚，目前分层分质注入技术在大庆油田、吉林油田以及河南油田均进行矿场试验。即通过对渗透率级差大的注聚井实施分层分质注入，针对不同层系注入不同的聚合物溶液，分质分注的方式取得了比相对笼统注入更好地开采效果，考虑到了聚合物与分注储层的匹配性，单层开采状况大幅改善，有效的调节了注入压力，达到减少层间矛盾，提高纵向波及系数，从而增加开采效果。

[0003] 鉴于油田开发的不可重复性和考虑到对储层的保护，目前所有的矿场试验都需要首先进行针对性的室内实验，但是目前室内实验存在的问题是：缺少有效的针对分质分注的实验装置与实验手段，现有的室内实验装置无法精确定位高渗条带位置，不能进行有针对性的调剂，导致无法通过现有装置实现对矿场试验的有效模拟，不能建立室内实验与矿场试验的有效连接。

发明内容：

[0004] 为了解决背景技术中所提到的技术问题，本发明提供一种可以模拟矿场试验的分质分注装置与方法，利用该种装置与方法不仅可以解决现有技术中存在的问题，而且还可以了解分注分采的宏观开采情况和单层开采状况，根据实验结果可以有效地调节分层注采方案设计是否合理，是否需要优化，从而为矿场试验提供有力的实验保证。

[0005] 本发明的技术方案是：该种模拟矿场试验的分质分注装置，包括非均质浇铸复合岩心、注入单元、采出单元以及与所述注入装置相配合的若干恒速平流泵、活塞容器和压力表，以及与所述采出装置相配合的量筒；非均质浇铸复合岩心、注入单元、采出单元以及活塞容器和压力表均置于恒温箱内；

[0006] 其中，所述恒速平流泵分别连接到对应的活塞容器的底部，为各活塞容器内部驱替液提供运移的动力；所述活塞容器的出口端经由对应的压力表监测各层注入压力后经管线连接至注入装置的钢管线之后实现分层注入；

[0007] 非均质浇铸复合岩心至少为 2 层非均质，本专利非均质浇铸复合岩心为 4 层非均质，包括低渗层、中渗层、高渗层和特高渗透层，所述非均质浇铸复合岩心为方形，其注、采两端分别被钻穿，形成注入井孔洞和采出井孔洞；在所述注入井孔洞和采出井孔洞内先分别下入相匹配的圆筒状密封胶圈，然后再在所述圆筒状密封胶圈内分别固定相应的电木筒，所述电木筒的上端面开有与非均质层数相同的进液孔，侧面开有与进液孔数量相对应的出液孔，所述出液孔的位置从上到下依次对应所述非均质浇铸复合岩心的各渗层，如所述出液孔的位置从上到下依次对应所述非均质浇铸复合岩心的低渗层、中渗层、高渗层和特高渗层的中间位置，每一个进液孔仅与一个出液孔相连通，形成液流通道；所述圆筒状密封胶圈对应每个出液孔开有一个贯穿筒壁直达所述非均质浇铸复合岩心的过流孔；

[0008] 其中，注入单元和采出单元的结构相同，均为一个方形的不锈钢封闭容器；所述不锈钢封闭容器的内部中央固定有一个立方体胶皮柱，在所述不锈钢封闭容器的四个侧壁上开有挡板卡槽，穿过所述挡板卡槽插入液体挡板，所述液体挡板的一端插入立方体胶皮柱内，所述液体挡板的另一端位于所述不锈钢封闭容器外；由插入的所述液体挡板将所述不锈钢封闭容器内分隔成若干个单独隔离区；

[0009] 在所述不锈钢封闭容器的顶部和底部，对应每个单独隔离区，分别开有一个注入孔和一个流出孔以及一个尖嘴螺栓下入孔；其中，所述注入孔上固定连接钢管线，注入孔与单独隔离区的内腔相连通；所述流出孔的顶端固定有带有中央孔道的胶皮基座，在所述胶皮基座的上端固定密封胶皮块，所述密封胶皮块主体为正方体胶皮块，中心部位为漏斗形状凹槽，所述漏斗形状凹槽的中央通道与所述胶皮基座的中央孔道相连通；所述尖嘴螺栓下入孔内固定有一个带内螺纹的螺栓外套管，由旋转把手、螺栓主体和尖嘴连接后构成的尖嘴螺栓固定在所述螺栓外套管内；所述尖嘴与所述密封胶皮块的漏斗形状凹槽相配合，所述尖嘴旋入所述密封胶皮块的最深处后，两者可实现对液体的密封；

[0010] 所述流出孔与所述电木筒上端面的进液孔之间相连通，在所述电木筒的上端面与不锈钢封闭容器之间固定有密封垫圈；

[0011] 注入单元中的钢管线连接对应活塞容器的出口端，采出单元中的钢管线连接对应量筒的入口端。

[0012] 利用所述分质分注装置进行模拟矿场试验的方法，该方法由如下步骤组成：

[0013] 第一步，采用岩心多孔介质平均孔隙半径与聚合物溶液的分子折算半径比值的方法判断聚合物溶液的可注入性，当该比值大于 5 时可以注入，以此来评价待注入聚合物与储层的匹配性，从而选择出可注入的聚合物，具体方式如下：

[0014] 针对各渗透层至少配制 1 种聚合物溶液样品，然后测试各样品的分子折算半径；选择模拟储层的不同渗透率岩样切成两部分，一部分岩样进行高精度 CT 仪器扫描获得样品喉道半径范围，另一部分样品饱和水、饱和油测试岩样的孔隙度与原始含油饱和度，获得渗透率岩心基本参数数据；以平均孔隙半径与聚合物分子线团折算半径比 (r_t/R_g) 作为聚合物与岩心配伍性的特征参数，聚合物能通过岩心而不堵塞孔隙的条件是 $r_t/R_g > 5$ ，当测试结果显示的比值大于 5 时，确定对应的聚合物溶液可注入；

[0015] 第二步，按照矿场实验所初步确定的分注分采方案在步骤一所确定的可注入聚合物溶液的范围内选择合适的可注入聚合物溶液以便进行室内分注分采实验；

[0016] 第三步，将步骤二中选择出的对应不同渗透率储层的可注入聚合物溶液分别注入

到权利要求 1 所述分质分注装置中注入单元的不同活塞容器内作为内部驱替液；

[0017] 第四步，由权利要求 1 所述分质分注装置中对应恒速平流泵分别为各活塞容器内部驱替液提供运移的动力，使其按照实验要求的速度流经压力表底座，监测各层注入压力，然后再从压力表向不同渗透率的储层分层注入；

[0018] 第五步，按照实验要求选择对各不同渗透率储层的注入与否或注入时机；以及注入压力；

[0019] 第六步，将已经在权利要求 1 所述分质分注装置中的非均质浇铸复合岩心(11) 内部运移驱替完毕的驱替液经由采出单元分开采出，之后运输到对应量筒的内部，实现收集与计量；

[0020] 第七步，按照步骤六所得出的计量数据计算含水率、采出程度以及各层分流率，以该实验结果评价步骤一中采用的矿场实验初步确定的分注分采方案是否合理。

[0021] 本发明具有如下有益效果：本种分质分注装置可以实现在分质分注过程中对驱替液进行分隔和驱替液进入岩心前阻隔其窜流，从而实现在实验室内模拟聚驱分质注采，由此解决了在层内非均质条件下对岩心模型进行分质注采这一技术性难题。另外，本装置有助于科研人员探求层内非均质条件下其驱油效果和渗流规律，从而为室内实验对层内条件下分质注入技术的研究提供模型与技术支持。由此实现对矿场试验的分质分注过程的有效模拟，建立了室内实验与矿场试验的有效连接，降低了矿场试验的成本。另外，采用本装置与方法进行评价不仅可以了解分注分采的宏观开采情况，还可以了解到单层开采状况，根据实验结果可以有效地调节分层注采方案的设计是否合理，是否需要优化，从而为矿场试验提供有力的实验保证。此外，利用本发明能够有效实现各层系的分层精细开发，并能够实现对各渗透层的有效调控与监测，能够给出准确驱油效果评价，可以为日后室内实验中对分层系分质注采的研究提供装置及方法支持，有利于对聚合物驱油效果的进一步评价及方案调整。

附图说明：

[0022] 图 1 是本发明所述分质分注装置的整体结构示意图。

[0023] 图 2 是本发明所述分质分注装置中所采用的注入单元和采出单元和非均质浇铸复合岩心组合后的整体结构示意图，图中所述不锈钢封闭容器显示的是展开结构。

[0024] 图 3 是本发明所述注入单元和采出单元中采用的不锈钢封闭容器的外观结构示意图。

[0025] 图 4 是本发明所述注入单元和采出单元中采用的不锈钢封闭容器未插入液体挡板后的内部结构示意图。

[0026] 图 5 是本发明所述注入单元和采出单元中采用的不锈钢封闭容器的一个单独隔离区安装完尖嘴螺栓和密封胶皮块后的内部结构示意图。

[0027] 图 6 是本发明所述非均质浇铸复合岩心上固定的电木筒的结构示意图。

[0028] 图 7 是本发明所述非均质浇铸复合岩心的结构示意图。

[0029] 图 8 是利用本发明而完成的一个具体实施例中得到的综合含水率、采收率与注入 PV 数的关系图。

[0030] 图 9 是利用本发明而完成的一个具体实施例中得到的聚驱阶段各层分流率与注

入 PV 数的关系图。

具体实施方式：

[0031] 下面结合附图对本发明作进一步说明：

[0032] 由图 1 至图 7 所示，该种模拟矿场试验的分质分注装置，包括非均质浇铸复合岩心 11、注入单元 19、采出单元 29 以及与所述注入装置相配合的若干恒速平流泵 31、活塞容器 32 和压力表 33，以及与所述采出装置相配合的量筒 34。非均质浇铸复合岩心 11、注入单元 19、采出单元 29 以及活塞容器 32 和压力表 33 均置于恒温箱 30 内。

[0033] 其中，所述恒速平流泵分别连接到对应的活塞容器的底部，为各活塞容器内部驱动液提供运移的动力；所述活塞容器的出口端经由对应的压力表 33 监测各层注入压力后经管线连接至注入装置 19 的钢管线 21 之后实现分层注入。

[0034] 非均质浇铸复合岩心 11 包括低渗层 24、中渗层 25、高渗层 26 和特高渗透层 27。所述非均质浇铸复合岩心为方形，其注、采两端分别被钻穿，形成注入井孔洞 23 和采出井孔洞 22；在所述注入井孔洞和采出井孔洞内先分别下入相匹配的圆筒状密封胶圈，然后再在所述圆筒状密封胶圈内分别固定相应的电木筒 8，所述电木筒的上端面开有至少 4 个进液孔 9，侧面开有与进液孔数量相对应的出液孔 10，所述出液孔的位置从上到下依次对应所述非均质浇铸复合岩心的低渗层、中渗层、高渗层和特高渗透层的中间位置，每一个进液孔仅与一个出液孔相连通，形成液流通道 12；所述圆筒状密封胶圈对应每个出液孔开有一个贯穿筒壁直达所述非均质浇铸复合岩心的过流孔。

[0035] 其中，注入单元 19 和采出单元 29 的结构相同，均为一个方形的不锈钢封闭容器 1；所述不锈钢封闭容器的内部中央固定有一个立方体胶皮柱 6，在所述不锈钢封闭容器的四个侧壁上开有挡板卡槽 5，穿过所述挡板卡槽插入液体挡板 2，所述液体挡板的一端插入立方体胶皮柱 6 内，所述液体挡板的另一端位于所述不锈钢封闭容器外；由插入的所述液体挡板将所述不锈钢封闭容器内分隔成若干个单独隔离区 28。

[0036] 在所述不锈钢封闭容器的顶部和底部，对应每个单独隔离区 28，分别开有一个注入孔 4 和一个流出孔 7 以及一个尖嘴螺栓下入孔 3；其中，所述注入孔上固定连接钢管线 21，注入孔与单独隔离区 28 的内腔相连通；所述流出孔的顶端固定有带有中央孔道的胶皮基座 14，在所述胶皮基座的上端固定密封胶皮块 15，所述密封胶皮块主体为正方体胶皮块，中心部位为漏斗形状凹槽，所述漏斗形状凹槽的中央通道与所述胶皮基座的中央孔道相连通；所述尖嘴螺栓下入孔内固定有一个带内螺纹的螺栓外套管 18，由旋转把手 20、螺栓主体 17 和尖嘴 16 连接后构成的尖嘴螺栓固定在所述螺栓外套管内；所述尖嘴与所述密封胶皮块的漏斗形状凹槽相配合，所述尖嘴旋入所述密封胶皮块的最深处后，两者可实现对液体的密封。

[0037] 所述流出孔与所述电木筒上端面的进液孔之间相连通，在所述电木筒的上端面与不锈钢封闭容器 1 之间固定有密封垫圈 13；注入单元 19 中的钢管线连接对应活塞容器的出口端，采出单元 29 中的钢管线连接对应量筒的入口端。

[0038] 利用前面所述分质分注装置进行模拟矿场试验的方法，该方法由如下步骤组成：

[0039] 第一步，采用岩心多孔介质平均孔隙半径与聚合物溶液的分子折算半径比值的方法判断聚合物溶液的可注入性，当该比值大于 5 时可以注入，以此来评价待注入聚合物

与储层的匹配性,从而选择出可注入的聚合物,具体方式如下:

[0040] (1) 针对低渗层、中渗层、高渗层和特高渗层,每层首先配制至少3种不同浓度的聚合物溶液,测试各样品的分子折算半径;

[0041] (2) 选择模拟储层的不同渗透率岩样切成两部分,一部分岩样进行高精度CT仪器扫描获得样品喉道半径范围,另一部分样品饱和水、饱和油测试岩样的孔隙度与原始含油饱和度,获得渗透率岩心基本参数数据;

[0042] (3) 以平均孔隙半径与聚合物分子线团折算半径比 (r_t/R_g) 作为聚合物与岩心配伍性的特征参数,聚合物能通过岩心而不堵塞孔隙的条件是 $r_t/R_g > 5$,当测试结果显示的比值大于5时,确定对应的聚合物溶液可注入;

[0043] 第二步,按照矿场实验所初步确定的分注分采方案在步骤一所确定的可注入聚合物溶液的范围内选择合适的可注入聚合物溶液以便进行室内分注分采实验;

[0044] 第三步,将步骤二中选择出的对应不同渗透率储层的可注入聚合物溶液分别注入到权利要求1所述分质分注装置中注入单元(19)的不同活塞容器内作为内部驱替液;

[0045] 第四步,由权利要求1所述分质分注装置中对应恒速平流泵分别为各活塞容器内部驱替液提供运移的动力,使其按照实验要求的速度流向压力表,监测各层注入压力,然后再从压力表向不同渗透率的储层分层注入;

[0046] 第五步,按照实验要求选择对各不同渗透率储层的注入与否或注入时机;以及注入压力;

[0047] 第六步,将已经在权利要求1所述分质分注装置中的非均质浇铸复合岩心11内部运移驱替完毕的驱替液经由采出单元29分开采出,之后运输到对应量筒34的内部,实现收集与计量;

[0048] 第七步,按照步骤六所得出的计量数据计算含水率、采出程度以及各层分流率,以该实验结果评价步骤一中采用的矿场实验初步确定的分注分采方案是否合理。

[0049] 下面首先给出一个带有尺寸及材质选择的装置制作实施例:

[0050] 不锈钢容器主体为外长50mm的正方体,壁厚为5mm,容器主体被4个挡板卡槽平均分成4个小区域,卡槽尺寸为高45mm,宽度0.7mm,4个卡槽末端分别固定在一个立方体形状胶皮的4个侧面上,胶皮长度与宽度都为0.7mm。液体注入孔、液体流出孔的直径均为3mm。尖嘴螺栓下入孔直径为7mm,液体挡板可以由推拉把手与挡板主体构成,推拉把手长度为20mm,高度为60mm,厚度为15mm,挡板主体总长度为35mm,厚度为0.7mm,高度为45mm,制作材料采用耐腐蚀耐高温的锰钢薄片。

[0051] 密封胶皮块主体为长度为10mm的正方体胶皮块,中心部位为底部直径为8mm的漏斗形状凹槽,凹槽底部直径为3mm;基座为高度5mm、直径5mm不锈钢圆型管柱体,中心位置的环形通道直径为3mm,在基座侧面也有一个直径为3mm的孔道,该孔道与内部环形通道相通,尖嘴螺栓整体长度为55mm,主体部分带有螺纹,头部为锥体形状,锥体体积大小与密封胶皮块漏斗形状大小一致,密封胶皮圈内直径为10mm,壁厚为2mm,高度为10mm。圆柱体电木筒长度为130mm,端面直径为10mm,上端面有4个进液孔,侧面有4个出液孔,直径均为3mm,出液孔的位置从上到下依次对应岩心模型的低渗层、中渗层、高渗层和特高渗层中间位置。每一个液体流入孔分别与一个液体流出孔对应,形成液流通道,通道之间彼此不连通。上述组件按照如下方式组装:

[0052] 一、在各尖嘴螺栓下入孔正下方将 4 个胶皮基座下端面分别焊接在容器底部，各胶皮基座的环形通道的圆心与各尖嘴螺栓下入孔的圆心正对齐，且胶皮基座的孔道分别指向各小区域内的流出孔。

[0053] 二、将基座上端面圆环和胶皮块下端面涂抹环氧树脂，将胶皮块粘在基座上，烘干固定，基座上端面环形通道与胶皮块下端面直径为 3mm 小通道严格对齐，连接处用环氧树脂密封，此时需要注意各通道和孔不要被环氧树脂堵死。

[0054] 三、将 4 个尖嘴螺栓分别拧入尖嘴螺栓下入孔，将四根钢管线分别焊接在容器上端的 4 个流入孔。

[0055] 四、在电木筒上端面涂抹环氧树脂，将其粘在不锈钢容器中心部位并烘干固定，注意电木筒上端面进液孔与分别与容器底部各流出孔严格对齐并密封。

[0056] 五、取 4 根钢管线，并将钢管线两端分别焊接在各区域的基座孔道上和容器底部流出孔上，使其相通。

[0057] 六、将密封胶垫分别装在电木筒各出液孔之间。

[0058] 七、将 4 个液体挡板分别插入挡板卡槽中，然后根据容器上端钢管线外接的仪器将该仪器分为分层注入部分与分层采出部分，即连接驱替装置即为分层注入部分，连接量筒等计量装置即为分层采出部分，此时分注分采装置组装完毕。

[0059] 下面给出所使用的非均质浇铸复合岩心的制作过程：非均质浇铸复合岩心模型尺寸为 4 层，尺寸为 600*600*100mm；模具由底板、压力机及侧板组成，其内部腔室尺寸为 650*650*100mm，材料为碳钢；选择大庆某采油厂某区块储层物性为参照，岩心模型渗透率从低到高依次为 50md、150md、250、350md。首先将 50md 渗透率层物料即石英砂和环氧树脂系胶结物按照一定比例均匀搅拌，将搅拌均匀的混合物装入模具，使用刮板刮平后用压力机对其加压，压完后确保单层厚度为 25mm，如果大于 25mm 需用刮板刮平；依次准备 150md、250、350md 渗透层物料重复上述过程，即依次装入模具依次加压成型，得到岩心总厚度为 100mm；将压制完毕的岩心放入恒温箱中加热 12 个小时，温度为 80-85℃，使胶结物充分固化；将岩心取出，冷却至室温，利用切割机将岩心模型多余部分切除。得到尺寸为 600*600*100mm 的 4 层非均质裸露岩心模型，设定注采方式为一注一采，选用直径为 10mm 钻头在注、采端分别将岩心模型钻穿。将各密封胶圈外侧涂抹环氧树脂，分别迅速下入裸露岩心模型的注入孔和采出孔中，使密封胶圈与岩心紧密接触从而胶结密封，将各层间打断分离。此时将分注分采装置安装完毕后，将岩心模型整体表层用环氧树脂两次刮胶，厚度为 0.3mm，每次刮胶后常温下放置 8-12 小时，直至胶面固化，然后将刮胶结束的岩心放置方形模具中浇铸封装成型，岩心外树脂厚度在 6-10mm 之间，确保岩心具有一定的承压能力。

[0060] 应用时，首先将岩心模型抽真空、饱和水、饱和原油。然后将活塞容器、压力表、岩心模型放置于恒温箱内部，将各驱替动力仪器放置于恒温箱外部，并分别连接到对应的活塞容器底部，向各活塞容器内倒入驱替液，然后将活塞容器上端与压力表相连接，压力表再分别与岩心模型注入端的分注分采仪器连接，不同聚合物对应要注入的层系，在采出端分注分采部分分别与量筒相连，各仪器之间都是用钢管线连接。

[0061] 下面给出一个如何具体实施本发明中所述方法的实施例：

[0062] 分注分采是在可注入的情况下最大限度的发挥聚合物的功能，在实际注入之前需要首先评价聚合物与储层的匹配性，本专利采用岩心多孔介质平均孔隙半径与聚合物溶液

的分子折算半径比值的方法判断聚合物溶液的可注入性,当该比值大于5时可以注入。具体步骤为:

[0063] (1) 如表1所示,首先配制3种不同浓度的聚合物溶液,测试各样品的分子折算半径;

[0064] 表1 三种浓度聚合物分子的折算半径测试结果

[0065]

聚合物分子量	浓度 (mg/L)	分子线团小尺寸折算半径 (μm)
A	650	0.15
B	500	0.25
C	400	0.32

[0066] (2) 选择模拟储层的不同渗透率岩样切成两部分,一部分岩样进行高精度CT仪器扫描获得样品喉道半径范围,另一部分样品饱和水、饱和油测试岩样的孔隙度与原始含油饱和度,获得数据如表2所示。

[0067] 表2 三种渗透率样品的平均孔隙测试结果

[0068]

渗透率 (md)	孔隙度 (%)	孔隙体积 (cm^3)	原始含油饱和度 (%)	平均孔隙半径 (μm)
50	15.26	154	56.2	1.12
150	18.96	167	62.36	1.58
250	20.21	175	65.54	2.03

[0069] (3) 以平均孔隙半径与聚合物分子线团折算半径比(r_t/R_g)作为聚合物与岩心配伍性的特征参数,聚合物能通过岩心而不堵塞孔隙的条件是 $r_t/R_g > 5$,当测试结果显示的比值大于5时,计算的数据结果如图3所示,确定聚合物溶液可注入。

[0070] 表3 计算的数据结果

[0071]

样品渗透率	聚合物分子量	聚合物浓度	r_t/R_g	是否可注入
50	A	650	7.47	是
150	B	500	6.45	是
250	C	400	6.53	是

[0072] 之后,按照实际的分注分采实验方案进行分注分采实验。进行采出井分层采出计量,评价实验效果,得到包括含水率、采出程度、各层分流率等重要数据。

[0073] 下面给出一个应用本发明针对模拟储层进行单层孔渗参数标定以及聚合物与渗透率匹配性评价的实施例

[0074] 其中,本部分岩心模型模拟大庆某采油厂某区块二类储层,实际储层的渗透率由低到高分别为 50、150、250md。

[0075] 首先根据该储层物性参数制作 3 种渗透率的人造岩心样本,通过仪器检测得到岩心基本参数数据,并根据科泽尼—卡门公式计算平均孔隙半径,公式及部分参数数据如下。

$$[0076] r_t = \left[\frac{K(1-\phi)^2}{C\phi} \right]^{1/2} \quad \text{公式 (1)}$$

[0077] 公式 (1) 中 r_t 为岩样平均孔隙半径,单位为 μm ; K 为岩样渗透率,单位为 μm^2 ; Φ 为岩样孔隙度; C 为常数。表 4 是不同渗透率岩心样本基本参数数据。

[0078] 表 4 不同渗透率岩心样本基本参数数据

[0079]

渗透率 (md)	孔隙度 (%)	孔隙体积 (cm^3)	原始含油饱和度 (%)	平均孔隙半径 (μm)
50	15.26	154	56.2	1.12
150	18.96	167	62.36	1.58
250	20.21	175	65.54	2.03

[0080] 其次,根据 Flory 特性黏度理论,分别计算聚合物分子折算半径,公式计算如下。

$$[0081] R_g = 0.62 \times 10^{-4} ([\eta] M)^{1/3} \quad \text{公式 (2)}$$

[0082] 公式 (2) 中 $[\eta]$ 为聚合物溶液的特性黏度,单位为 mg/L ; M 为聚合物的分子质量; R_g 为聚合物分子折算半径,单位为 μm 。表 5 是三种质量分数聚合物的基本参数表。

[0083] 表 5 三种质量分数聚合物的基本参数表

[0084]

聚合物分子量	浓度 (mg/L)	分子线团小尺寸折算半径 (μm)
A	650	0.15
B	500	0.25
C	400	0.32

[0085] 再次,确定聚合物溶液对样品的匹配性如表 6:

[0086] 表 6 聚合物溶液与样品的匹配性结果

[0087]

样品渗透率	聚合物分子量	聚合物浓度	r_t/R_g	是否可注入
50	A	650	7.47	是
150	B	500	6.45	是
250	C	400	6.53	是

[0088] 之后,按照矿场实验初步拟定的实验方案进行室内的分注分采实验。实验条件:实

施例选用原油粘度为 $9.8 \text{mPa} \cdot \text{s}$, 地层水矿化度为 6778mg/L , 注入速度 1ml/min , 聚合物皆为大庆炼化公司生产普通聚丙烯酰胺干粉, A 分子量聚合物注入为 650mg/L , B 分子量聚合物注入为 500mg/L , C 分子量聚合物注入为 400mg/L 。初步实验方案如表 7 所示。

[0089] 表 7 实验方案表

[0090]

层系	前期笼统注水	分层分质分注聚合物		后期分层注水
		分子质量	注入量	
低渗层	水驱至综合含水率 90%	A	0.3PV	水驱至综合含水 率 98%
中渗层		B	0.3PV	
高渗层		C	0.3PV	

[0091] 按照本发明所述方法获得的实验部分数据如表 8 所示：

[0092] 表 8 实验结果数据表

[0093]

水驱采收率 (%)	聚驱采收率 (%)	后续水驱采收率 (%)	整体采收率 (%)
21.35	15.89	5.27	42.51

[0094] 所获得的综合含水率、采收率与注入 PV 数的关系图如图 8 所示, 所获得的聚驱阶段各层分流率与注入 PV 数的关系图如图 9 所示, 这些数据和图表清楚说明了, 利用本发明专利能够克服室内实验无法实现分层注采这一难题, 本装置能够有效实现各层系的分层精细开发, 并能够实现对各渗透层的有效调控与监测, 能够给出准确驱油效果评价, 可以为日后室内实验中对分层系分质注采的研究提供装置及方法支持, 有利于对聚合物驱油效果的进一步评价及方案调整。

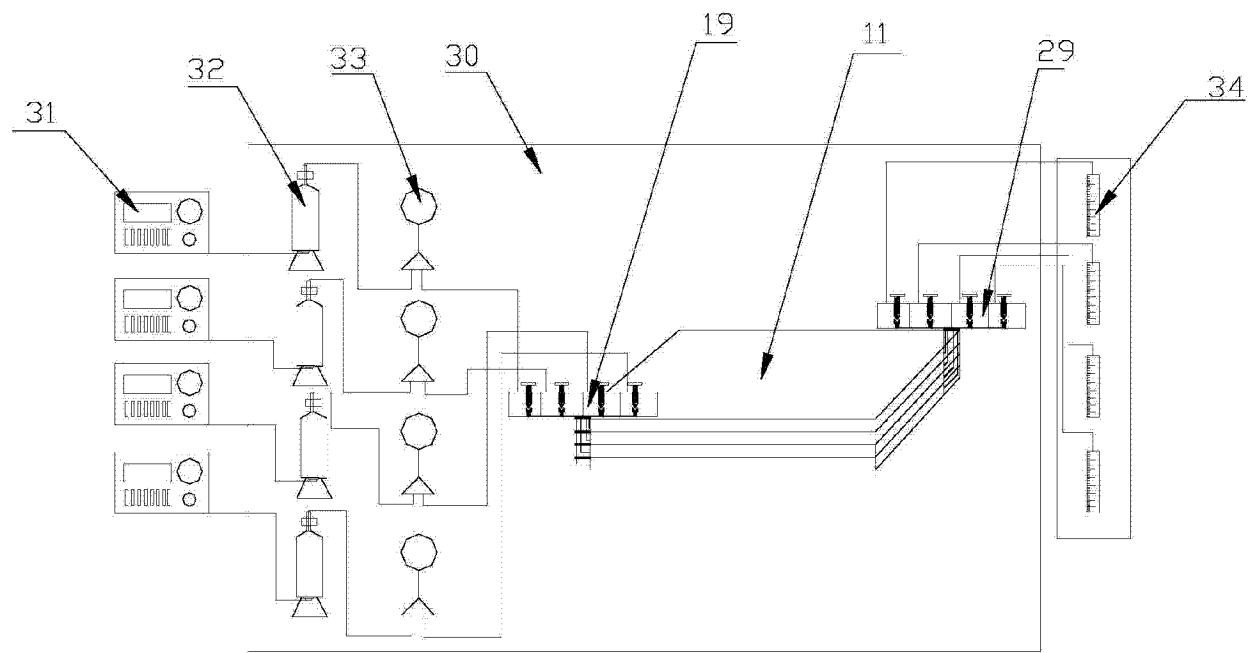


图 1

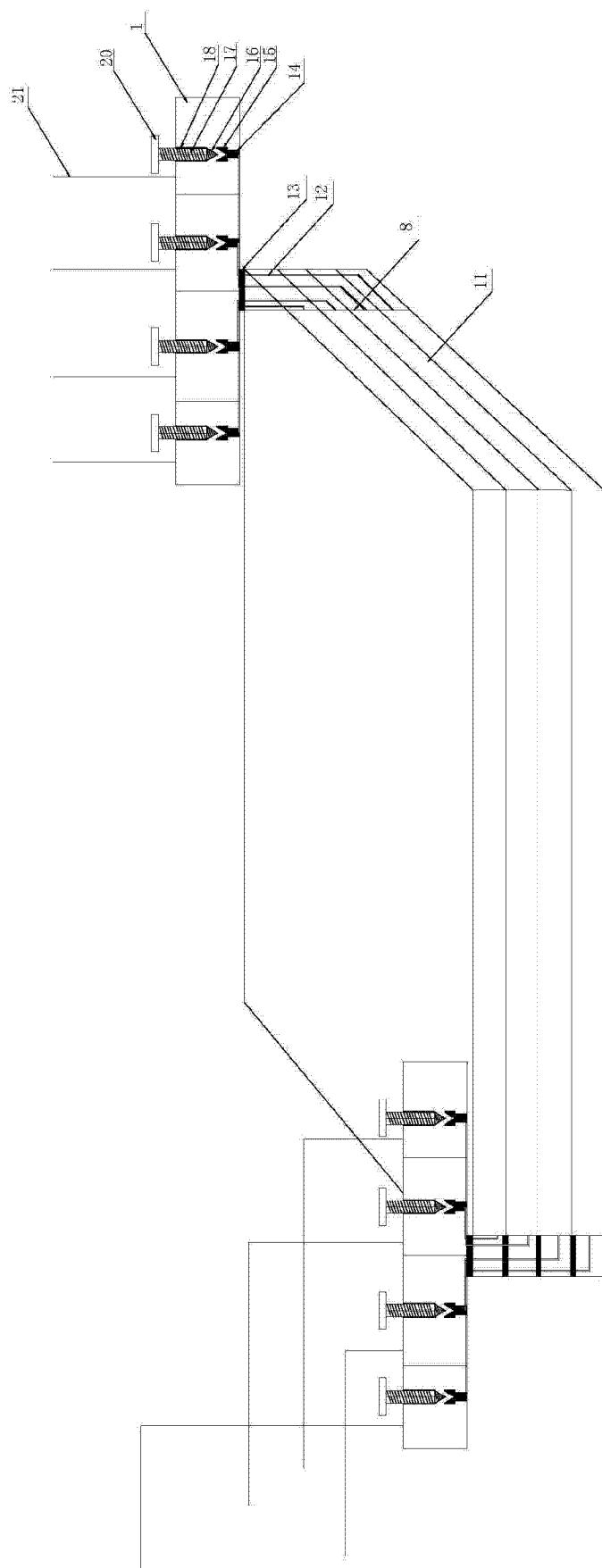


图 2

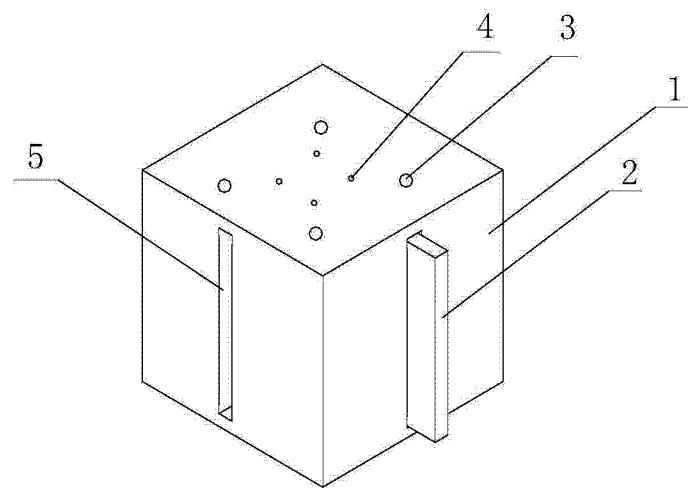


图 3

6

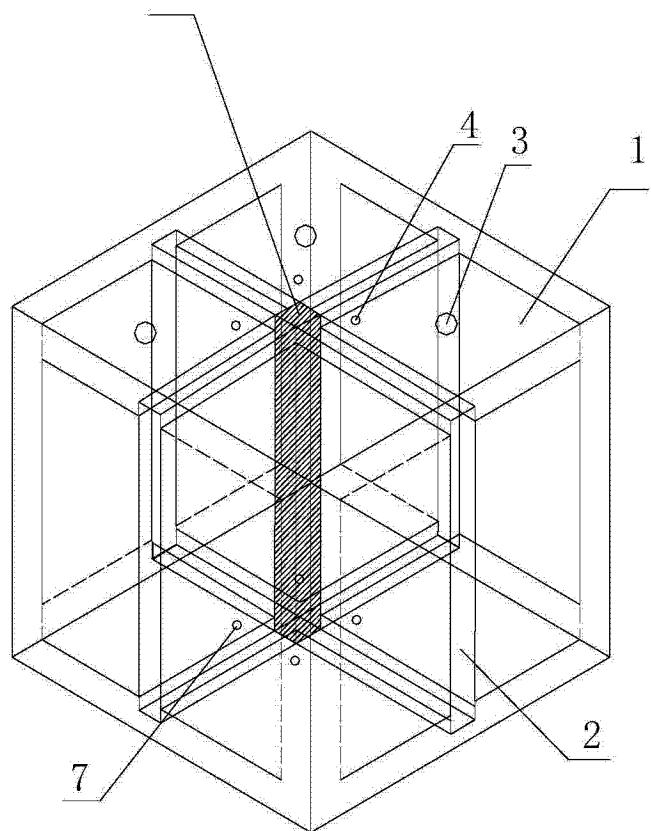


图 4

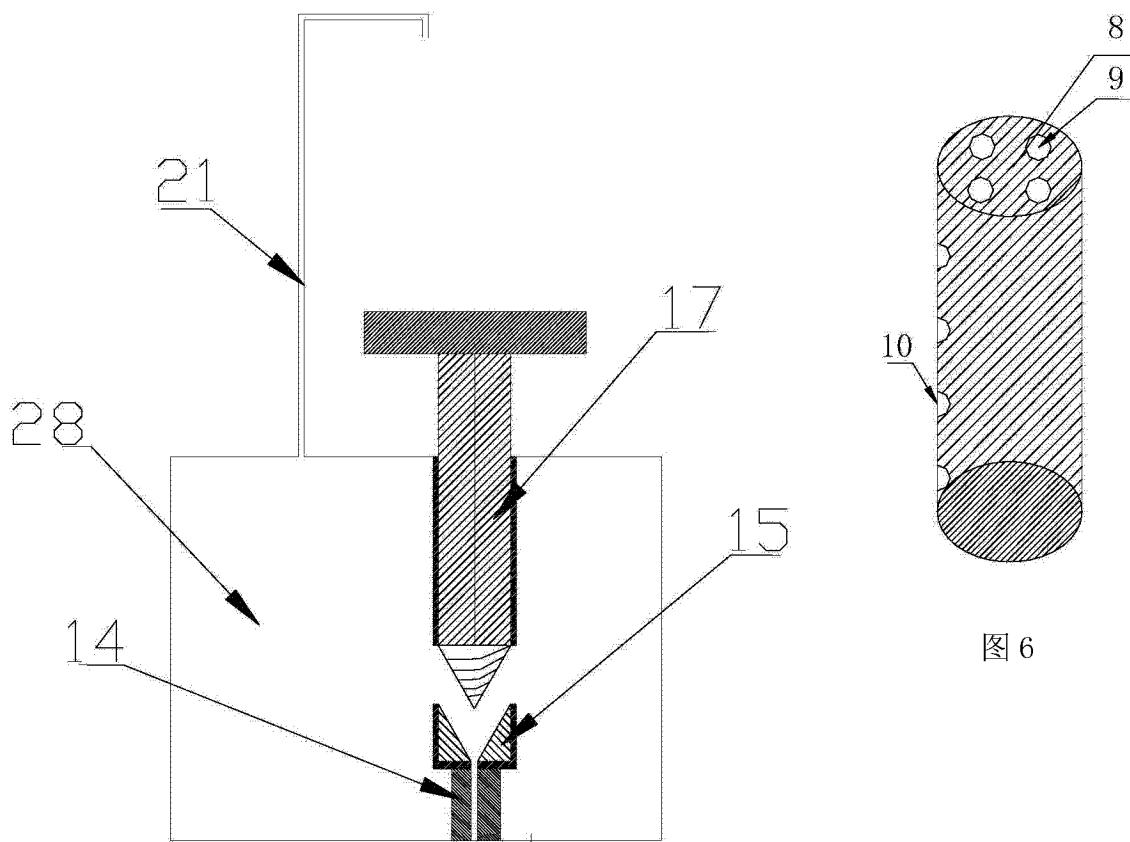


图 6

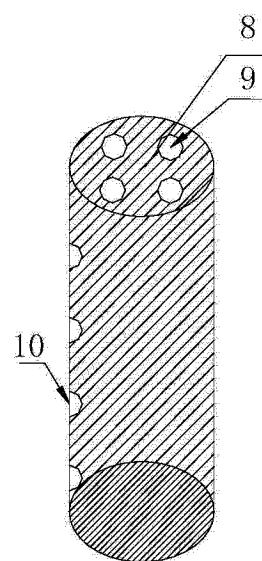


图 5

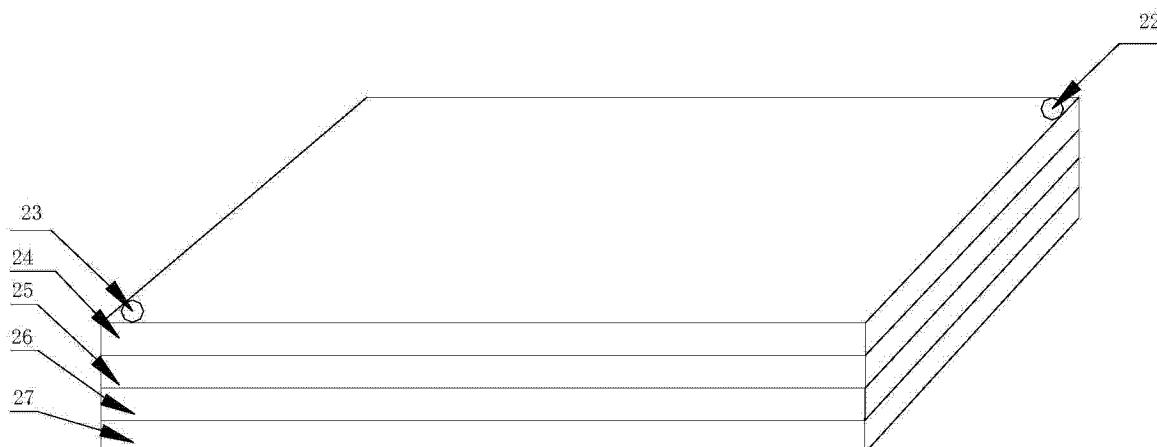


图 7

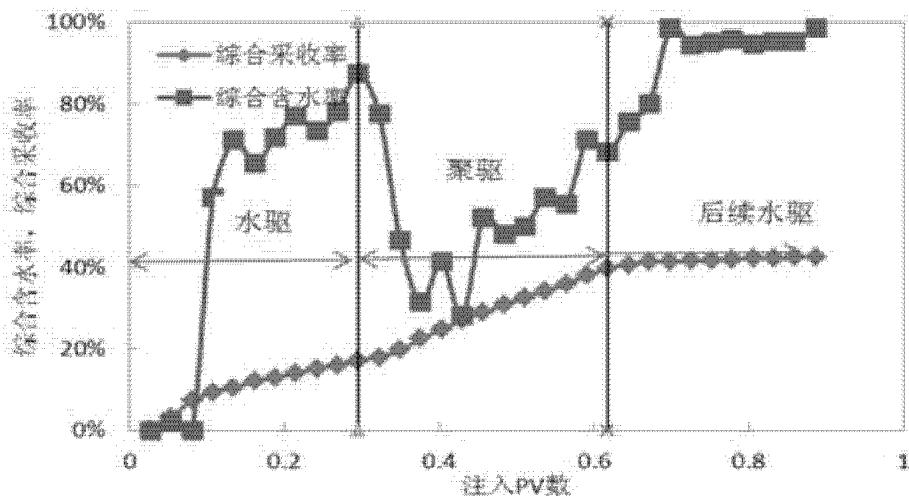


图 8

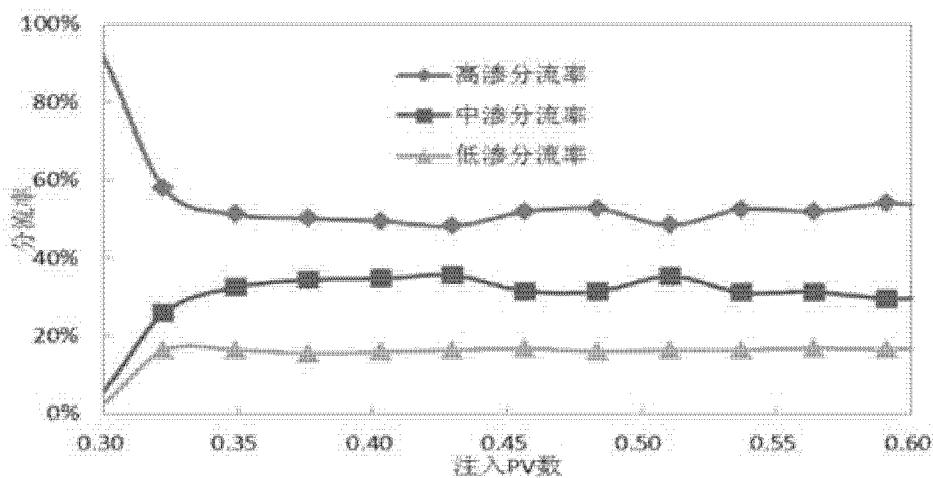


图 9