



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103510950 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201310482131. 3

E21B 47/00(2012. 01)

(22) 申请日 2013. 10. 15

E21B 47/06(2012. 01)

(73) 专利权人 西南石油大学

审查员 白艳新

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道  
8号

(72) 发明人 吴锋 胡晓华 张烈辉 李溢龙  
李晓平 鲁新便 曹丽娜 姚卓成  
刘启国

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理  
有限公司 11246

代理人 龚燮英

(51) Int. Cl.

E21B 49/00(2006. 01)

E21B 47/11(2012. 01)

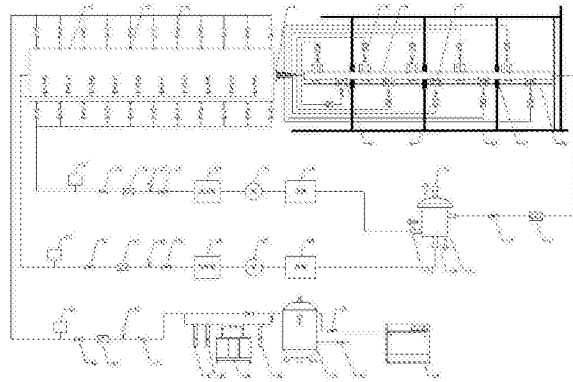
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流  
动实验系统

(57) 摘要

本发明公开了一种复杂结构井地层流动与管  
内流动耦合流动实验系统,包括:渗流槽;水平井  
模拟井筒,安装在渗流槽内,且开设有第一射孔;  
等效水平井模拟井筒,开设有与第一射孔对应连  
通的第二射孔,连通第一射孔和第二射孔的管路  
上设有节流阀,等效水平井模拟井筒安装有压力  
变送器,支架上安装滑竿,滑竿上安装有粒子成像  
测试系统;与渗流槽连通的水相供给系统、油相  
供给系统和气相供给系统;三相流量计,其两个  
出口分别与水相供给系统和油相供给系统连通,  
另一个出口与等效水平井模拟井筒连通,其上还  
设有气相出口端。本发明所模拟的地层系统、水平  
井模拟井筒与实际情况相符,具有代表性,因而所  
做的实验对实际的生产具有很好的指导意义。



1. 一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征在于,包括:

渗流槽 (1);

水平井模拟井筒 (48),安装在渗流槽 (1) 内,且所述水平井模拟井筒 (48) 均匀开设有第一射孔 (49);

设置于支架 (10) 上的等效水平井模拟井筒 (6),所述等效水平井模拟井筒 (6) 上开设有与所述第一射孔 (49) 一一对应的第二射孔,所述第一射孔 (49) 与所述第二射孔通过管路连通,连通所述第一射孔 (49) 和所述第二射孔的管路上设有节流阀 (9),所述第二射孔的两侧分别安装有压力变送器 (8),所述支架 (10) 上的滑竿 (50) 上安装有粒子成像测试系统 (7);

与所述渗流槽 (1) 连通的水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统;

三相流量计 (14),所述三相流量计 (14) 的两个出口分别与所述水相供给系统和油相供给系统连通,另一个出口与所述等效水平井模拟井筒 (6) 连通,所述三相流量计 (14) 上还设有气相出口端 (15),所述三相流量计 (14) 与所述等效水平井模拟井筒 (6) 连通的管路上安装有流量计 (12) 和节流阀 (13)。

2. 根据权利要求 1 所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征在于,所述水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与所述渗流槽 (1) 连通的管路上均设置有向所述渗流槽 (1) 方向连通的单向节流阀 (3)。

3. 根据权利要求 1 所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征在于,所述水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与所述渗流槽 (1) 均具有多个连通点 (2),且多个连通点沿所述渗流槽 (1) 的长度方向均匀布置。

4. 根据权利要求 1 所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征还在于,还包括设置于所述渗流槽 (1) 上的法兰盘 (4),所述法兰盘 (4) 上开设有与所述第一射孔 (49) 一一连通的第三射孔,所述第二射孔与所述第三射孔一一连通。

5. 根据权利要求 1 所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征还在于,水平井模拟井筒 (48) 与所述等效水平井模拟井筒 (6) 结构相同。

6. 根据权利要求 1 所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征还在于,连通所述第一射孔 (49) 和所述第二射孔的管路上设有流量计 (5)。

7. 根据权利要求 1-6 任一项所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征还在于,所述水相供给系统包括依次串联的水槽 (18)、水泵 (19)、稳压器 (20)、第一控制阀 (21)、第一压力计 (22)、第一涡轮流量计 (23)、第二控制阀 (24) 和第一示踪剂注入盒 (25),所述水相供给系统具有水槽 (18) 的一端与所述三相流量计 (14) 连通。

8. 根据权利要求 1-6 任一项所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征还在于,油相供给系统包括依次串联的油槽 (26)、油泵 (27)、稳压器 (28)、第三控制阀 (29)、第二压力计 (30)、第二涡轮流量计 (31)、第四控制阀 (32) 和第二示踪剂注入盒 (33),所述油相供给系统具有油槽 (26) 的一端与所述三相流量计 (14) 连通。

9. 根据权利要求 1-6 任一项所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,其特征还在于,所述气相供给系统包括依次串联的空气压缩机 (34)、储气罐 (37)、带有自动排水器的过滤器、冷干机 (39)、第五控制阀 (42)、第三压力计 (43)、涡街流量计 (44)、第六控制阀 (45) 和第三示踪剂注入盒 (46),所述空气压缩机 (34) 与所述储气罐 (37) 之间安

装有节流阀 (35), 所述储气罐 (37) 具有放空阀 (36)。

10. 根据权利要求 9 所述的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统, 其特征在于, 带有自动排水器的过滤器为多个。

## 一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及复杂结构井三维流动物理模型,更具体地说,涉及一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统。

### 背景技术

[0002] 随着钻井技术的发展,复杂结构井的应用越来越广泛,其对提高油气井产能、剩余油挖潜,具有重要的作用。但其流动规律及其在数模、试井及油藏方面的影响还不清楚,而目前的研究主要集中在理论推导及利用水电相似原理进行规则井流场模拟;对于复杂结构井与地层耦合流动主要通过对井结构进行简化来研究。

[0003] 由于电模拟的局限,不能对地层中三维空间的真实流动进行反映,更对井筒中的复杂流动无能为力。因此需要建立真实反映地层与复杂结构井耦合流动的实验平台,搞清其流动规律建立能够反映其复杂流动规律的模型,为后续数模,试井及油藏工程研究提供基础。

[0004] 申请号为 201010219164.5 的中国专利申请《复杂结构井井筒固液两相变质量流动模拟系统》。此装置系统包括一模拟井筒,模拟井筒由多段管体固定连通构成;模拟井筒的入口端连接有固液两相流体供给装置,模拟井筒的出口端连接有固液两相流体分离装置;提供一种复杂结构井井筒两相变质量流动模拟系统,可模拟油气开采过程中地层砂粒随产出液进入井筒的固液两相变质量流动过程,以及地层沙粒与产出液在井筒中的固液两相定质量流动过程,由此可进一步深入研究疏松砂岩油藏开发中砂粒进入管路以及被携带至井口整个过程。

[0005] 申请号为 201210562671.8 的中国专利申请《复杂结构井井筒油气水三相流体变质量流动的模拟装置》。该模拟装置包括模拟井筒和模拟井筒连接的供气装置、供油装置和供水装置,该模拟装置可以模拟单相流体、气液两相流体及油气水三相流体流动。

[0006] 申请号为 201210071679.4 的中国专利申请《水平井渗流实验装置》。该发明装置由主体支架、渗流观察板、高压气泵、储水槽、水泵、计算机、数据采集卡、渗流槽、水平段模拟井筒和摄像机组成。该装置的发明目的是提供一种模拟和研究水平井周围地层向水平井筒稳定渗流的物理模型,清晰展现水平井渗流状态,同时分析不同水平井完井方式对水平井周围地层渗流的影响。

[0007] 现有的实验装置均没有地层模拟系统,不能模拟油气水在地层当中的渗流以及地层流动与井筒流动的耦合。

### 发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明提供了一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,以实现模拟油气水在地层当中的渗流以及地层流动与井筒流动的耦合。

[0009] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0010] 一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,包括:

[0011] 渗流槽；

[0012] 水平井模拟井筒，安装在渗流槽内，且所述水平井模拟井筒均匀开设有第一射孔；

[0013] 设置于支架 10 上的等效水平井模拟井筒，所述等效水平井模拟井筒上开设有与所述第一射孔一一对应的第二射孔，所述第一射孔与所述第二射孔通过管路连通，连通所述第一射孔和所述第二射孔的管路上设有节流阀，所述第二射孔的两侧分别安装有压力变送器，所述滑竿通过滑动块安装在支架上，并与等效水平井模拟井筒保持一定的距离，滑竿上安装有粒子成像测试系统；

[0014] 与所述渗流槽连通的水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统；

[0015] 三相流量计，所述三相流量计的两个出口分别与所述水相供给系统和油相供给系统连通，另一个出口与所述等效水平井模拟井筒连通，所述三相流量计上还设有气相出口端，所述三相流量计与所述等效水平井模拟井筒连通的管路上安装有流量计和节流阀。

[0016] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，所述水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与所述渗流槽连通的管路上均设置有向所述渗流槽方向连通的单向节流阀。

[0017] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，所述水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与所述渗流槽均具有多个连通点，且多个连通点沿所述渗流槽的长度方向均匀布置。

[0018] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，还包括设置于所述渗流槽上的法兰盘，所述法兰盘上开设有与所述第一射孔一一连通的第三射孔，所述第二射孔与所述第三射孔一一连通。

[0019] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，水平井模拟井筒与所述等效水平井模拟井筒结构相同。

[0020] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，连通所述第一射孔和所述第二射孔的管路上设有流量计。

[0021] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，所述水相供给系统包括依次串联的由水槽、水泵、稳压器、第一控制阀、压力计、涡轮流量计、第二控制阀和示踪剂注入盒，所述水相供给系统具有水槽的一端与所述三相流量计连通。

[0022] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，油相供给系统包括依次串联的油槽、油泵、稳压器、第一控制阀、压力计、涡轮流量计、第二控制阀和示踪剂注入盒，所述油相供给系统具有油槽的一端与所述三相流量计连通。

[0023] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，所述气相供给系统包括依次串联的空气压缩机、储气罐、带有自动排水器的过滤器、冷干机、第一控制阀、压力计、涡轮流量计、第二控制阀和示踪剂注入盒，所述空气压缩机与所述储气罐之间安装有节流阀，所述储气罐具有放空阀。

[0024] 优选地，在上述复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统中，带有自动排水器的过滤器为多个。

[0025] 从上述的技术方案可以看出，本发明提供的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统具有如下技术效果：

[0026] (1) 本发明所模拟的地层系统(由渗流槽来模拟)、水平井模拟井筒与实际情况相符,具有代表性,因而所做的实验对实际的生产具有很好的指导意义;

[0027] (2) 在实验过程中,可根据实际模拟的油藏选择均质、非均质以及分层填砂,渗流槽中分布的压力变送器实时监测地层中压力波的传播情况,分析流体在地层中的渗流规律;

[0028] (3) 等效水平井模拟井筒的第二射孔处的压力变送器、流量计和滑竿上粒子成像测试系统的安装,可以清晰反映流量沿井筒的分布,水平井模拟井筒内不同压降的分布,水平井模拟井筒内的压力分布以及水平井产量随长度的变化;

[0029] (4) 本发明既可以单独研究油气水单相渗流及耦合,也可以研究油气、油水、气水两相渗流及耦合,还可以研究油气水三相渗流及耦合,具有多用性;

[0030] (5) 水平井模拟井筒、等效水平井模拟井筒的高度可以调节,可以在一定范围内调整倾斜度,还可以改变模拟井筒形状,如蛇曲形、分支型、鱼骨形等,用以研究水平井实际生产过程;

[0031] (6) 本发明可模拟底水锥进、气顶油藏,可模拟定流量开采,可模拟水平井筒内两相变质量流动。

## 附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0033] 图 1 为本发明实施例提供的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统的结构示意图;

[0034] 图 2 为本发明实施例提供的渗流槽的俯视图;

[0035] 图 3 为本发明实施例提供的渗流槽的正视图;

[0036] 图 4 为图 3 沿 A-A 面的剖视图;

[0037] 图 5 为本发明实施例提供的渗流槽的透视图;

[0038] 图 6 为本发明实施例提供的水平井模拟井筒的俯视图;

[0039] 图 7 为本发明实施例提供的等效水平井模拟井筒的正视图。

[0040] 附图说明:1. 渗流槽,2. 连通点,3. 单相节流阀,4 法兰盘,5、12. 流量计,6. 等效水平井模拟井筒,7. 粒子成像测试系统,8、47. 压力变送器,9、13、35. 节流阀,10. 支架,11. 滑动块,14. 三相流量计,15. 气相出口端,16. 油相出口端,17. 水相出口端,18. 水槽,19. 水泵,20、28. 稳压器,21、29、42. 第一控制阀,22、30、43. 压力计,23、31. 涡轮流量计,24、32、45. 第二控制阀,25、33、46. 示踪剂注入盒,26. 油槽,27. 油泵,34. 空气压缩机,36. 放空阀,37. 储气罐,38、40、41. 带有自动排水器的过滤器,39. 冷干机,44. 涡街流量计,48. 水平井模拟井筒,49. 第一射孔,50. 滑竿。

## 具体实施方式

[0041] 本发明公开了一种复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,以实现模

拟油气水在地层当中的渗流以及地层流动与井筒流动的耦合。

[0042] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0043] 请参阅图 1-图 7,图 1 为本发明实施例提供的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统的结构示意图;图 2 为本发明实施例提供的渗流槽的俯视图;图 3 为本发明实施例提供的渗流槽的正视图;图 4 为图 3 沿 A-A 面的剖视图;图 5 为本发明实施例提供的渗流槽的透视图;图 6 为本发明实施例提供的水平井模拟井筒的俯视图;图 7 为本发明实施例提供的等效水平井模拟井筒的正视图。

[0044] 本发明实施例提供的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统,包括渗流槽 1、水平井模拟井筒 48、等效水平井模拟井筒 6、水相供给系统、油相供给系统、气相供给系统和三相流量计 14。

[0045] 其中,渗流槽 1 可以安装在水泥台底座上,渗流槽顶和底及前后共四个面的中部分别均匀开孔,并安装注入管线组,顶面安装气相供给系统的气相注入管线组,底面安装水相供给系统的水相注入管线组,前后两侧安装油相供给系统的油相注入管线组,注入管线与渗流槽 1 壁面上孔眼一一对应连通。

[0046] 用于模拟地层系统的渗流槽 1 可为一个矩形槽,矩形槽的底板和框架用不锈钢制成,其它面用钢化玻璃制成。在矩形槽中充填石英砂,形成均质和非均质砂岩油气藏。其中非均匀油气藏模型是由等厚三层组成,自下而上分别为高渗透层、中渗透层和低渗透层,模拟正韵律沉积地层。裂缝性储层的模型是通过在地层中放入有机玻璃实现。

[0047] 渗流槽 1 顶面注入管线注气,底面注入管线注水,两侧注入管线注油,这种注入方式更加贴近真实油藏中油气水的分布规律。

[0048] 渗流槽 1 模拟地层中布入压力变送器,用来测量地层中渗流场和压力场的分布状况。

[0049] 设置于支架 10 上的水平井模拟井筒 48 安装在渗流槽 1 内,且水平井模拟井筒 48 均匀开设有第一射孔 49。等效水平井模拟井筒 6 上开设有与第一射孔 49 一一对应的第二射孔,第一射孔 49 与第二射孔通过管路连通,连通第一射孔 49 和第二射孔的管路上设有节流阀 9,第二射孔的两侧分别安装有压力变送器 8,滑竿通过滑动块安装在支架上,并与等效水平井模拟井筒保持一定的距离,滑竿上安装有粒子成像测试系统。

[0050] 水平井模拟井筒 48 是由透明的有机玻璃管制成,便于对实验现象进行可视化观察。

[0051] 粒子成像测试系统 7 可以对单孔眼的流动状态参数进行测试,在渗流槽 1 的流入端安有示踪剂注入盒,通过示踪剂注入盒向渗流场中注入示踪粒子。粒子成像测试系统 7 不与流体直接接触,而是用脉冲激光片光照射所测流场的切面区域,通过成像记录系统摄取两次或者多次曝光的粒子图像,形成实验图像,再利用图像互相关方法分析图像,获得每一小区域中粒子图像的平均位移,由此确定流场切面上整个区域的二维速度。

[0052] 水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与渗流槽 1 连通,三相流量计 14 的两个出口分别与水相供给系统和油相供给系统连通,另一个出口与等效水平井模拟井筒 6

连通,三相流量计 14 上还设有气相出口端 15,三相流量计 14 与等效水平井模拟井筒 6 连通的管路上安装有流量计 12 和节流阀 13。

[0053] 流体经三相流量计 14 后实现油气水分离,气体经气相出口端 15 放出,水经水相流出端 17 回流到水槽 18 中,油经油相流出端 16 回流到油槽 26 中。

[0054] 在本发明一具体实施例中,水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与渗流槽 1 连通的管路上均设置有向渗流槽 1 方向连通的单向节流阀 3。水相供给系统、油相供给系统和气相供给系统与渗流槽 1 均具有多个连通点 2,且多个连通点沿渗流槽 1 的长度方向均匀布置。

[0055] 在本发明一具体实施例中,本发明还可包括设置于渗流槽 1 上的法兰盘 4,法兰盘 4 上开设有与第一射孔 49 一一连通的第三射孔,第二射孔与第三射孔一一连通,法兰盘 4 更易于实现两种孔的连通。水平井模拟井筒 48 与等效水平井模拟井筒 6 结构相同,水平井模拟井筒 48 与等效水平井模拟井筒 6 的形状、高度均一致,且二者壁上孔眼的位置、大小相同。连通第一射孔 49 和第二射孔的管路上设有流量计 5。

[0056] 在本发明一具体实施例中,水相供给系统包括依次串联的由水槽 18、水泵 19、稳压器 20、第一控制阀 21、压力计 22、涡轮流量计 23、第二控制阀 24 和示踪剂注入盒 25,水相供给系统具有水槽 18 的一端与三相流量计 14 连通。

[0057] 油相供给系统包括依次串联的油槽 26、油泵 27、稳压器 28、第一控制阀 29、压力计 30、涡轮流量计 31、第二控制阀 32 和示踪剂注入盒 33,油相供给系统具有油槽 26 的一端与三相流量计 14 连通。

[0058] 气相供给系统包括依次串联的空气压缩机 34、储气罐 37、带有自动排水器的过滤器、冷干机 39、第一控制阀 42、压力计 43、涡街流量计 44、第二控制阀 45 和示踪剂注入盒 46,空气压缩机 34 与储气罐 37 之间安装有节流阀 35,储气罐 37 具有放空阀 36,带有自动排水器的过滤器为多个。所通入的气体可经过带有自动排水器的过滤器和冷干机 39 进行干燥、净化,可以通过放空阀 3,6 对注气系统进行放空。

[0059] 本发明中的压力变送器、压力计、流量计、三相流量计和粒子成像测试系统都经过数据采集器将数据传入计算机。水平井模拟井筒可根据模拟需要调整其倾斜角和形状,例如蛇曲形井筒,阶梯形井筒,多分支井等。本发明中每个管线的气体、液体分别通过涡街流量计、涡轮流量计进行测量。

[0060] 油田开发方式分为天然能量开采和人工补充能量开采两大类,人工补充能量开采又分为注水、注气和热力采油等多种类型。天然能量开采就是利用天然能量驱替原油;由于油藏的天然能量十分有限,在原油开采过程中将不断被消耗,进而油气产量下降,因此需要人工补充。本发明可模拟封闭油气藏天然能量开采、边底水驱替油气藏天然能量开采、油气藏注水开采。

[0061] 实施例一(油气水三相封闭油气藏天然能量开采):

[0062] 实验开始前,设置油藏初始状态,关闭渗流槽 1 流出管线上的节流阀 9,开启第一控制阀 21 和第二控制阀 24,将水注入渗流槽 1,达到预定值后关闭第一控制阀 21 和第二控制阀 24;开启第一控制阀 29 和第二控制阀 32,将油注入渗流槽 1,达到预定值后关闭第一控制阀 29 和第二控制阀 32;开启第一控制阀 42 和第二控制阀 45,将气注入渗流槽 1,达到预定值后关闭第一控制阀 42 和第二控制阀 45;渗流槽 1 初始状态设定好后开始实验,打开



渗流槽流出管线上的节流阀 9, 渗流槽 1 中流体流入水平模拟井筒 48, 压力变送器 47 记录渗流槽 1 中各处压力值, 该实验模拟天然能量驱动下油藏中的压力场和渗流场变化。

[0063] 实施例二(油水两相大型边底水驱替油藏天然能量开采):

[0064] 实验开始前, 设置油藏初始状态, 关闭渗流槽 1 流出管线上的节流阀 9, 开启第一控制阀 21 和第二控制阀 24, 将水注入渗流槽, 达到预定值后关闭第一控制阀 21 和第二控制阀 24; 开启第一控制阀 29 和第二控制阀 32, 将油注入渗流槽, 达到预定值后关闭第一控制阀 29 和第二控制阀 32; 渗流槽初始状态设定好后开始实验, 打开渗流槽流出管线上的节流阀 9, 渗流槽中流体流入水平模拟井筒 48, 然后再通过管线流入等效水平井模拟井筒 6, 同时开启第一控制阀 21、第二控制阀 24、第一控制阀 29 和第二控制阀 32, 油水按一定流量比例注入渗流槽, 等效水平井模拟井筒 6 上的压力变送器 8 监测井筒沿程压降, 流量计 5 记录各支路管线流量, 粒子成像测试系统 7 摄取井筒流态, 流量计 12 记录井筒总流量, 流体流出井筒后进入三相流量计 14, 三相流量计分离油水并记录油水流量, 分离后的油从油相出口端 16 流出, 回收到油槽 26 中, 水从水相出口端 17 流出回收到水槽 18 中, 该实验模拟底水锥进时井筒变质量流动规律。

[0065] 综上所述, 本发明提供的复杂结构井地层流动与管内流动耦合流动实验系统具有如下技术效果:

[0066] (1) 本发明所模拟的地层系统(由渗流槽来模拟)、水平井模拟井筒与实际情况相符, 具有代表性, 因而所做的实验对实际的生产具有很好的指导意义;

[0067] (2) 在实验过程中, 可根据实际模拟的油藏选择均质、非均质以及分层填砂, 渗流槽中分布的压力变送器实时监测地层中压力波的传播情况, 分析流体在地层中的渗流规律;

[0068] (3) 等效水平井模拟井筒的第二射孔处的压力变送器、流量计和滑竿上粒子成像测试系统的安装, 可以清晰反映流量沿井筒的分布, 水平井模拟井筒内不同压降的分布, 水平井模拟井筒内的压力分布以及水平井产量随长度的变化;

[0069] (4) 本发明既可以单独研究油气水单相渗流及耦合, 也可以研究油气、油水、气水两相渗流及耦合, 还可以研究油气水三相渗流及耦合, 具有多用性;

[0070] (5) 水平井模拟井筒、等效水平井模拟井筒的高度可以调节, 可以在一定范围内调整倾斜度, 还可以改变模拟井筒形状, 如蛇曲形、分支型、鱼骨形等, 用以研究水平井实际生产过程;

[0071] (6) 本发明可模拟底水锥进、气顶油藏, 可模拟定流量开采, 可模拟水平井筒内两相变质量流动。

[0072] 对所公开的实施例的上述说明, 使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的, 本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下, 在其它实施例中实现。因此, 本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例, 而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

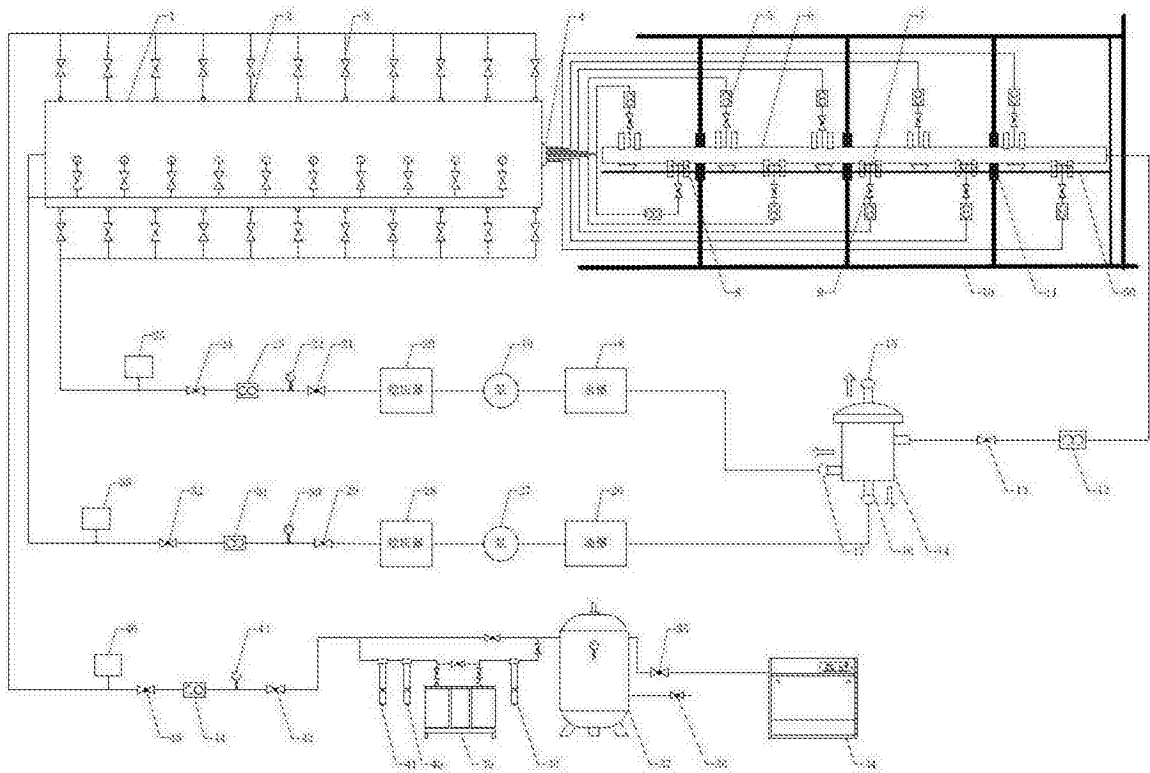


图 1

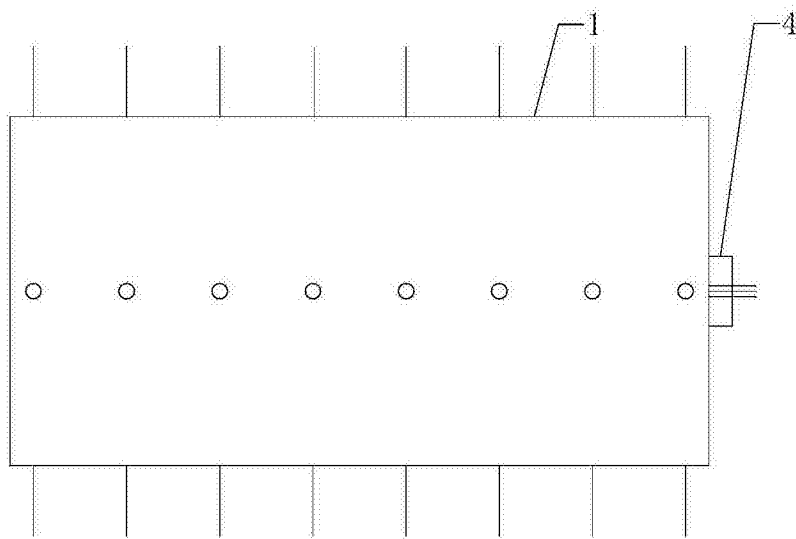


图 2

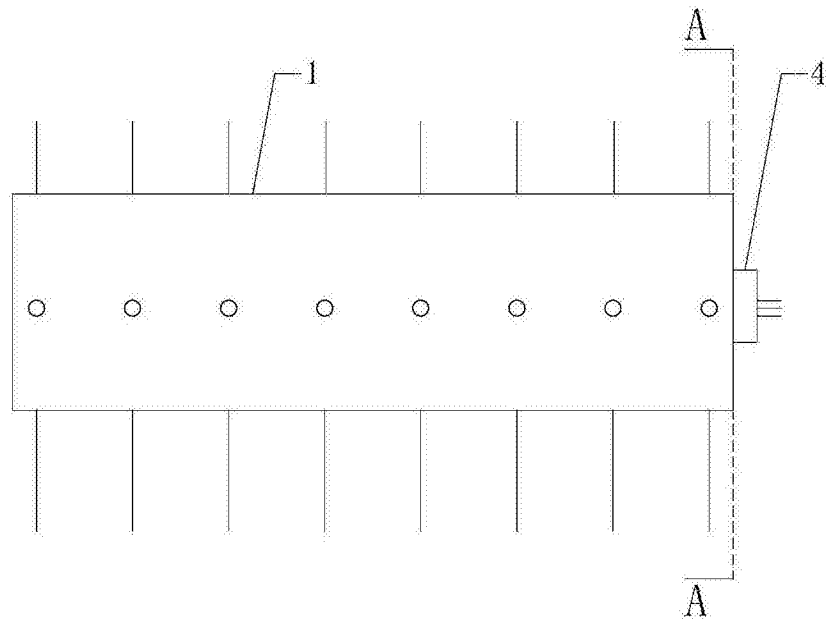


图 3

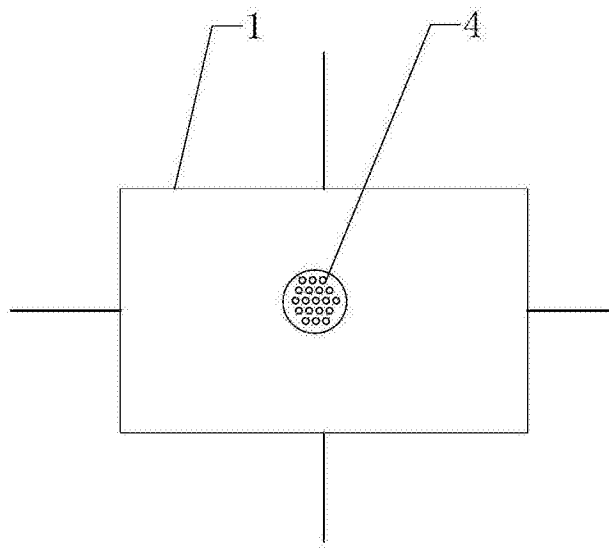


图 4

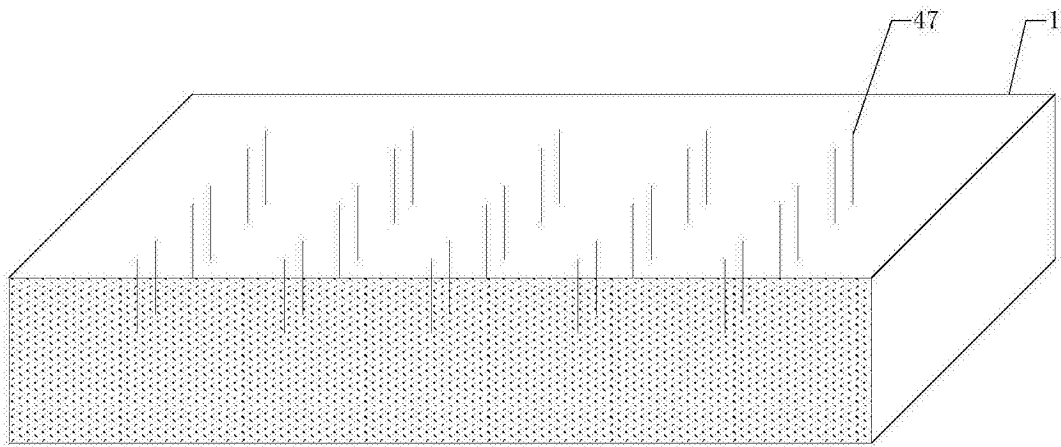


图 5

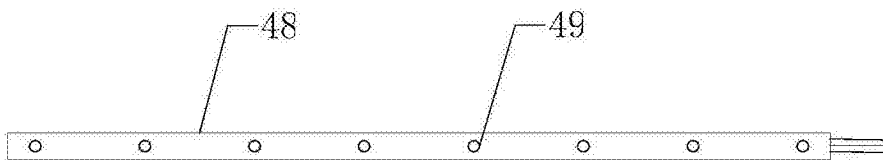


图 6

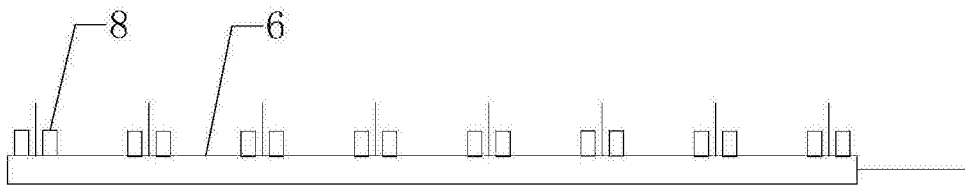


图 7