

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 43/22 (2006.01)

G09B 25/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810246990.1

[43] 公开日 2009年6月3日

[11] 公开号 CN 101446189A

[22] 申请日 2008.12.28

[21] 申请号 200810246990.1

[71] 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路2号

[72] 发明人 宋永臣 赵越超 刘卫国 刘瑜
张毅

[74] 专利代理机构 大连星海专利事务所
代理人 花向阳

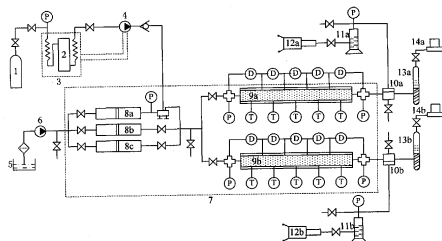
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

超临界二氧化碳驱油物理模拟装置

[57] 摘要

一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置，其属于石油工程和工艺技术领域。该装置采用二个并列的模拟岩心装置与注入系统连接，每个模拟岩心装置各自设有一个出口计量系统；注入系统向模拟岩心装置依次注入地层水、原油和超临界二氧化碳，并采用所述温度压力测控系统控制整个系统的压力和温度为要求的设定值，最后用出口计量系统测量通过模拟岩心装置的二氧化碳气体、地层水、原油的体积。该装置先将CO₂气体经过冷却液化后再加压升温至超临界状态，解决了注入CO₂流量精确计量的难题；采用双管模型，可以模拟非均质油藏CO₂驱过程中出现指进和窜流现象；该装置设计压力为0~40MPa，设计温度为0~180℃，主要应用于超临界CO₂混相驱或非混相驱、连续气驱或水气交替驱等研究。



1、一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置；其特征是：它主要包括一个注入系统、模拟岩心装置、温度压力测控系统和出口计量系统；所述模拟岩心装置采用第一模拟岩心装置（9a）和第二模拟岩心装置（9b）并列与注入系统连接，第一模拟岩心装置（9a）和第二模拟岩心装置（9b）各自设有一个出口计量系统；所述注入系统向模拟岩心装置依次注入地层水、原油和超临界二氧化碳，并采用所述温度压力测控系统控制整个系统的压力和温度为要求的设定值，最后用出口计量系统测量通过模拟岩心装置的二氧化碳气体、地层水、原油的体积。

2、据权利要求1所述的超临界二氧化碳驱油物理模拟装置；其特征是：所述注入系统主要包含设置在空气恒温箱（7）中的三个中间容器，由一台高压计量泵（6）向这三个中间容器中的驱活塞的一侧提供高压水产生驱动力，让第一中间容器（8a）、第二中间容器（8b）和第三中间容器（8c）依次向第一模拟岩心装置（9a）和第二模拟岩心装置（9b）驱地层水、原油和超临界二氧化碳。

3、据权利要求2所述的超临界二氧化碳驱油物理模拟装置；其特征是：所述第一中间容器（8a）中的超临界二氧化碳由一台二氧化碳泵（4）从储罐（2）中抽取液态二氧化碳供给；储存在二氧化碳瓶（1）中的二氧化碳气体进入设置在冷浴（3）中的储罐（2），经冷却后转变为液态二氧化碳。

4、据权利要求1所述的超临界二氧化碳驱油物理模拟装置；其特征是：所述第一模拟岩心装置（9a）和第二模拟岩心装置（9b）设置在空气恒温箱（7）中。

5、据权利要求1所述的超临界二氧化碳驱油物理模拟装置；其特征是：所述出口计量系统主要包含连接稳压阀的油水计量管和连接油水计量管的气体流量计；它还包含连接稳压阀的稳压罐，采用一个手动泵连接稳压罐。

超临界二氧化碳驱油物理模拟装置

技术领域

本发明涉及一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置，其属于石油工程和工艺技术领域。

背景技术

在注 CO₂ 采油过程中，由于粘型指进和油藏的非均质性，通常会发生气体窜流现象，严重影响 CO₂ 波及效率及驱替效率，因而有必要对该方面进行深入研究。物理模拟是最常见有效的实验手段之一，目前，关于 CO₂ 驱油物理模拟方面，大多数实验装置上模拟岩心系统主要是采用金属管填砂模型或天然岩心模型制成的一维单管模式，不能对气体窜流现象进行较好的分析，若采用二维或三维岩心物理模型，由于模型复杂，大大提高了制作和操作成本。另外，进行超临界 CO₂ 驱油物理模拟实验过程中，如何使储罐中 CO₂ 气体在进入驱替模拟岩心前达到超临界状态以及如何对其流量进行精确计量，是保证实验效果接近实际及实验结果精确的关键。目前，多数实验装置不能够很好的解决这方面难题。

发明内容

为了解决上述物理模拟研究中存在的问题，本发明提供一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置，该装置将先把 CO₂ 气体经过冷却液化后，更容易实现实验工况下的高温高压超临界状态，同时也为解决注入 CO₂ 流量精确计量的难题；模拟岩心装置采用双管模型，可以模拟非均质油藏 CO₂ 驱过程中出现指进和窜流现象；可以完成驱油非稳态过程中 CO₂、油、水三相流体在多孔介质中的相对渗透率、饱和度、驱油效率等多项参数瞬态测量，对非均质油藏 CO₂ 驱过程中出现指进和窜流现象影响的波及效率及驱替效率进行深入研究。

本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案是：一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置主要包括一个注入系统、模拟岩心装置、温度压力测控系统和出口计量系统；所述模拟岩心装置采用第一模拟岩心装置和第二模拟岩心装置

并列与注入系统连接，第一模拟岩心装置和第二模拟岩心装置各自设有一个出口计量系统；所述注入系统向模拟岩心装置依次注入地层水、原油和超临界二氧化碳，并采用所述温度压力测控系统控制整个系统的压力和温度为要求的设定值，最后用出口计量系统测量通过模拟岩心装置的二氧化碳气体、地层水、原油的体积。

所述注入系统主要包含设置在空气恒温箱（7）中的三个中间容器，由一台高压计量泵向这三个中间容器中的驱活塞的一侧提供高压水产生驱动力，让第一中间容器、第二中间容器和第三中间容器依次向第一模拟岩心装置和第二模拟岩心装置驱地层水、原油和超临界二氧化碳。

所述第一中间容器中的超临界二氧化碳由一台二氧化碳泵从储罐中抽取液态二氧化碳供给；储存在二氧化碳瓶中的二氧化碳气体进入设置在冷浴中的储罐，经冷却后转变为液态二氧化碳。

所述第一模拟岩心装置和第二模拟岩心装置设置在空气恒温箱中。

所述出口计量系统主要包含连接稳压阀的油水计量管和连接油水计量管的气体流量计；它还包含连接稳压阀的稳压罐，采用一个手动泵连接稳压罐。

本发明的有益效果是：一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置采用二个并列的模拟岩心装置与注入系统连接，每个模拟岩心装置各自设有一个出口计量系统；注入系统向模拟岩心装置依次注入地层水、原油和超临界二氧化碳，并采用所述温度压力测控系统控制整个系统的压力和温度为要求的设定值，最后用出口计量系统测量通过模拟岩心装置的二氧化碳气体、地层水、原油的体积。该装置先将 CO_2 气体经过冷却液化后再加压升温，这样更容易实现实验工况下的高温高压超临界状态，同时也解决了对注入 CO_2 流量精确计量的难题；模拟岩心装置采用双管模型，可以模拟非均质油藏 CO_2 驱过程中出现指进和窜流现象；注入系统向模拟岩心装置依次注入地层水、原油和超临界二氧化碳，并采

用测控系统控制整个系统的压力和温度，最后用出口计量系统测量二氧化碳气体、地层水、原油的体积。该装置设计压力为 0~40MPa，设计温度为 0~180℃，主要应用于超临界 CO₂ 混相驱或非混相驱、连续气驱或水气交替驱等多种方案室内试验研究中。可以完成驱油非稳态过程中 CO₂、油、水三相流体在多孔介质中的相对渗透率、饱和度、驱油效率等多项参数瞬态测量，对非均质油藏 CO₂ 驱过程中出现指进和窜流现象影响的波及效率及驱替效率进行深入研究。

附图说明

图 1 是一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置系统图。

图中：1、CO₂ 气罐，2、储罐，3、冷浴，4、CO₂ 泵，5、蒸馏水容器，6、高压计量泵，7、空气恒温箱，8a、第一中间容器，8b、第二中间容器，8c、第三中间容器，9a、第一模拟岩心装置，9b、第二模拟岩心装置，10a、第一稳压阀，10b、第二稳压阀，11a、第一稳压罐，11b、第二稳压罐，12a、第一手动泵，12b、第二手动泵，13a、第一油水计量管，13b、第二油水计量管，14a、第一气体流量计，14b、第二气体流量计，P、压力表，D、差压变送器，T、热电偶。

具体实施方式

图 1 示出了一种超临界二氧化碳驱油物理模拟装置系统图。它主要包括一个注入系统、模拟岩心装置、温度压力测控系统和出口计量系统；模拟岩心装置采用第一模拟岩心装置 9a 和第二模拟岩心装置 9b 并列与注入系统连接，设置在空气恒温箱 7 中的第一模拟岩心装置 9a 和第二模拟岩心装置 9b 各自设有一个出口计量系统。

注入系统包含设置在空气恒温箱 7 中的三个中间容器，由一台高压计量泵 6 经过滤器吸取蒸馏水箱 5 中的蒸馏水，向这三个中间容器中的驱活塞的左侧提供高压水产生驱动力，让第三中间容器 8c、第二中间容器 8b 和第一中间容器 8a 依次向第一模拟岩心装置 9a 和第二模拟岩心装置 9b 驱地层水、原油和超临界二氧化碳。第一中间容器 8a 中的超临界二氧化碳由一台二氧化碳泵 4 从储罐

2 中抽取液态二氧化碳经止回阀和转换阀供给；液态二氧化碳是让储存在二氧化碳瓶 1 中的二氧化碳气体进入设置在冷浴 3 中的储罐 2 经冷却后生成的。

出口计量系统用来测量在模拟岩心装置中使用过的地层水、原油和二氧化碳气体的量。第一模拟岩心装置 9a 使用的出口计量系统包含一个连接第一稳压阀 10a 的第一油水计量管 13a，第一气体流量计 14a 通过针阀连接到第一油水计量管 13a 上。第一稳压阀 10a 还连接一个第一稳压罐 11a，采用一个第一手动泵 12a 经针阀对第一稳压罐 11a 的压力进行调节，以满足系统的工作压力。第二模拟岩心装置 9b 使用的出口计量系统包含一个连接第二稳压阀 10b 的第二油水计量管 13b，第二气体流量计 14b 通过针阀连接到第二油水计量管 13b 上。第二稳压阀 10b 还连接一个第二稳压罐 11b，采用一个第二手动泵 12b 经针阀对第二稳压罐 11b 的压力进行调节，以满足系统的工作压力。

温度压力测控系统用来测控整个系统的温度和压力，正如图 1 中所示设置了热电偶 T、差压变送器 D 和压力表 P。

利用上述超临界二氧化碳驱油物理模拟装置的试验步骤如下：

第一步，完成准备工作。根据模拟油藏致密度要求分别选用不同粒径石英砂填充入第一模拟岩心装置 9a 和第二模拟岩心装置 9b 压实封盖，完成模拟岩心的制备，同时完成实验介质模拟原油、地层水、CO₂ 气体的准备工作，完成实验流程各部连接、试压等系列工作。

第二步，将实验流体介质注入中间容器（第一中间容器 8a、第二中间容器 8b、第三中间容器 8c）。首先，让二氧化碳瓶中的二氧化碳气体进入设置在冷浴 3 中的储罐 2，经冷却后转变为液态二氧化碳，由一台二氧化碳泵 4 将储罐 2 中抽取的液态二氧化碳打入第一中间容器 8a 中，通过加热加压达到实验要求的超临界状态；分别将模拟原油和地层水注入第二中间容器 8b 和第三中间容器 8c 中。

第三步，进行驱替实验。通过高压计量泵 6 向中间容器一端注高压水驱动活塞产生连续稳定驱动力，先将第三中间容器 8c 中地层水注入抽真空后的第一模拟岩心装置 9a 和第二模拟岩心装置 9b 中建立饱和水；浸泡一段时间后，将第二中间容器 8b 中的模拟原油注入驱替地层水建立饱和油；达到模拟油层要求后，再次将中间容器 8c 中地层水注入含饱和油的模拟岩心装置 9a、9b 中进行水驱油实验过程；水驱油过程达到预定效果后，将第一中间容器 8a 中超临界二氧化碳注入水驱后的第一模拟岩心装置 9a 和第二模拟岩心装置 9b 中进行气驱实验，达到预定效果后，停止实验。

驱替实验过程中模拟岩心出口压力采用第一稳压阀 10a、第二稳压阀 10b 及其配套系统（包括第一手动泵 12a、第二手动泵 12b、第一稳压罐 11a、第二稳压罐 11b）来实现；通过第一油水计量管 13a、第二油水计量管 13b、第一气体流量计 14a、第二气体流量计 14b 分别计量出口各相体积流量；温控部分分别采用恒温冷浴槽 3 控制二氧化碳液化温度，空气恒温箱 7 控制中间容器中实验流体温度；温度、压力、差压分别采用热电偶 T、压力表 P、差压变送器 D 来实时采集。

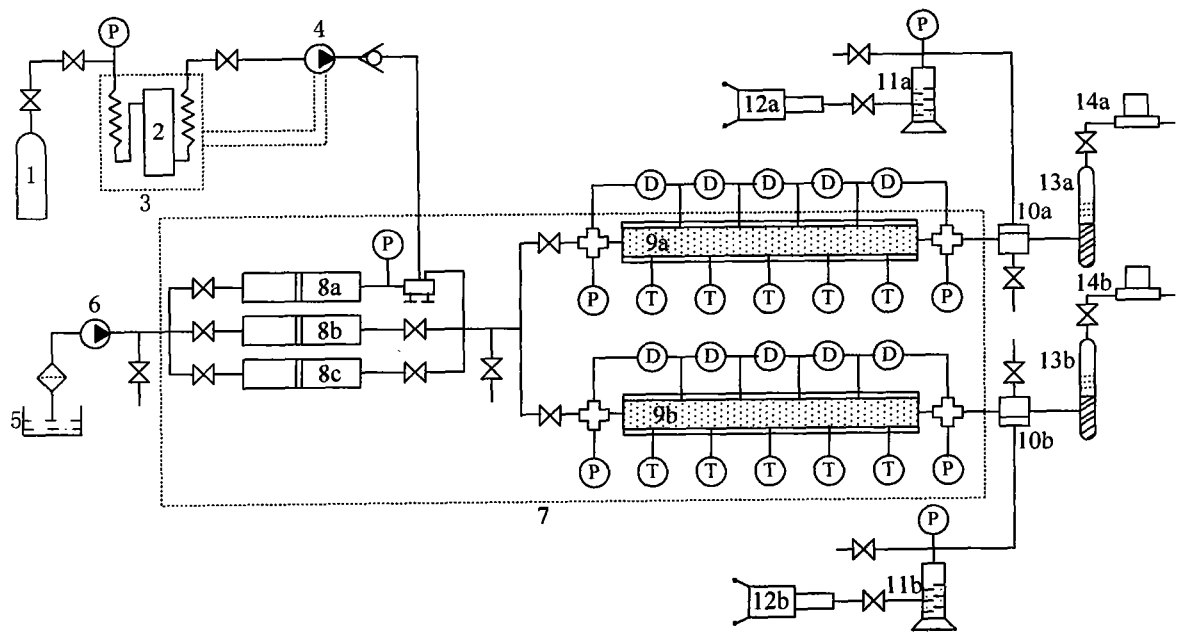


图 1