

说明书

页岩气井压裂液零返排环境友好提高采收率的氧化-渗吸法

技术领域

本发明属于石油天然气开采技术领域，涉及一种在页岩气井压裂液零返排环境下提高页岩气藏采收率的方法。

背景技术

页岩气是一种典型的非常规天然气，全球资源量巨大，极具开采价值。因页岩基块渗流通道以纳米尺度为主，基块渗透率主要介于纳达西至微达西，页岩气体渗流阻力巨大，吸附/游离气并存，气体传输能力低，水力压裂是目前开采页岩气主要手段，但页岩气层压裂规模大，压裂液用量多，且压裂液返排难度大，压裂液返排液与富有机质页岩接触后高含有机质，大量压裂液返排液会对环境造成严重污染，处理措施也较复杂，故需要有效的增产改造技术。

中国专利CN 105626028 A提出了增加页岩气井压裂改造缝网密度的方法，其采用氧化剂氧化裂缝中的有机质，从而增大了裂缝。但是该专利中仍然存在着压裂液返排的问题，给环境造成了极大的负担。

发明内容

本发明的目的在于提供页岩气井压裂液零返排环境友好提高采收率的氧化-渗吸法，该方法通过计算压裂液返排率和氧化剂和TOC的关系，确定氧化剂、缓蚀剂以及压裂液的加量，氧化剂将裂缝面或孔隙表面有机质氧化，使裂缝中压裂液向孔隙中渗吸分散，并使孔隙中压裂液溶蚀有机质并继续向粘土矿物晶间孔中分散，实现压裂液零返排。

为达到以上目的，本发明提供以下技术方案。

页岩气井压裂液零返排环境友好提高采收率的氧化-渗吸法，其特征在于，包括如下步骤：

a、选择待水力压裂的页岩气井，根据页岩气井测井、岩心分析化验和相应的页岩氧化液渗吸效果室内评价数据，确定 TOC 与页岩吸水量之间的关系、TOC 与所选氧化剂浓度之间的关系、氧化剂与缓蚀剂浓度关系、氧化液渗吸速率及适合氧化-渗吸改造的气层段；

b、针对上述页岩气井，结合该地区其他井压裂施工数据和压后返排数据确定的压裂液最大

说明书

返排率，确定压裂液的加量，根据步骤 a 中确定的TOC与吸水量之间的关系、TOC与所选氧化剂浓度的关系、氧化剂与缓蚀剂浓度关系确定在该次压裂施工所需压裂液中氧化剂和缓蚀剂的用量，以此配制氧化性压裂液；

c、利用配制的氧化性压裂液对页岩气井进行水力压裂改造，形成水力压裂裂缝及氧化溶蚀孔缝，氧化剂氧化裂缝面或孔隙表面的有机质，由此增大压裂液与粘土矿物的接触面积，提高页岩对压裂液的渗吸能力，使裂缝中压裂液向孔隙中渗吸分散，并使孔隙中压裂液溶蚀有机质并继续向粘土矿物晶间孔中分散，以此分散压裂液；

d、根据步骤 a 中获得的氧化液渗吸速率确定焖井时间，在焖井阶段压裂液继续氧化溶蚀页岩，形成更多的氧化溶蚀孔缝，增加页岩的渗吸能力，使得压裂液完全分散至页岩中，达到压裂液零返排的目的；

e、开井投产，此时由于氧化性压裂液完全分散至页岩中，因此在生产时氧化剂在氧化溶蚀孔缝中继续发挥氧化作用，进一步的扩大溶蚀裂缝的广度，增加页岩气的产量，而压裂液液相返排率极低或全部被地层吸收，或者压裂液液相在气井投产后以气态产出，压裂液中溶解的金属离子、悬浮固相、有机质甚至放射性物质滞留于原地而压裂液中溶解的金属离子、悬浮固相、有机质，甚至含放射性物质等原地滞留，同时也避免了压裂液返排带来的一系列问题。

进一步的，所述氧化性压裂液是在常规压裂液中添加氧化剂和缓蚀剂配制得到的溶液，所述缓蚀剂包含但不限于苯骈三氮唑、苯甲酸钠、多聚磷酸钠、多胺缩合物缓蚀剂、胺衍生物缓蚀剂，用于保护井筒和井下设备不被氧化剂氧化。

本发明具有以下有益效果：

(1) 充分发挥滞留压裂液积极作用，变害为利实现压后长期改造储层，实现压裂液零返排，提高采收率，缓解滞留压裂液对储层的损害；

(2) 促使压裂液零返排，可避免压裂液中悬浮固相、有机质在返排过程对储层裂缝的堵塞损害及高含盐量的返排液对井筒的腐蚀，同时还可避免返排液造成的环境污染与减少返排液处理费用；

(3) 与现有的压裂工艺形成有益补充，有效提高气体传输能力与提高采收率，延长改造有效期，实现页岩气井高产稳产；

(4) 操作工艺简单，且能重复改造页岩气井，经济有效提高气藏采收率。

附图说明

说明书

图 1 为页岩气藏水力压裂后返排裂缝内压裂液分布的示意图，其中a为未使用本发明的返排裂缝内压裂液分布的示意图，b为使用本发明的返排裂缝内压裂液分布的示意图；

图 2 为页岩气藏水力压裂后返排孔喉内有机粘土复合体与压裂液分布的示意图，其中，c为未使用本发明方法的返排孔喉内有机粘土复合体与压裂液分布的示意图，d为使用本发明方法的返排孔喉内有机粘土复合体与压裂液分布的示意图；

图中：1-水力压裂裂缝；2-水力压裂裂缝渗吸压裂液区域；3-天然裂缝；4-地层渗吸压裂液区域；5-水平井；6-氧化溶蚀缝；7-裂缝表面吸附水；8-有机质；9-粘土矿物；10-裂缝渗吸压裂液减少形成的流动通道；11-有机质溶蚀形成溶蚀孔渗吸压裂液区域；12-大量吸附水后的粘土矿物。

具体实施方式

结合附图1-2以及实施例对本发明做具体说明。

选取一口待水力压裂的页岩气井，根据页岩气井测井、岩心分析化验和相应的页岩氧化液渗吸效果室内评价数据，确定 TOC与页岩吸水量之间的关系、TOC 与所选氧化剂的浓度之间的关系、氧化液渗吸速率及适合氧化-渗吸改造的气层段。

结合该地区其他井压裂施工数据和压后返排数据确定的压裂液最大返排率，以此来确定压裂液的配制量，根据确定的 TOC 与吸水量之间的关系、TOC 与所选氧化剂浓度的关系、氧化剂与缓蚀剂浓度的关系确定在每一段压裂施工所需压裂液零返排率氧化剂和缓蚀剂的用量，确保在整个改造过程中氧化剂充足，根据所选氧化剂选择合适的缓蚀剂，确保氧化剂不会腐蚀井筒和井下工具，把所选氧化剂和缓蚀剂加入所配制的压裂液中，形成氧化性压裂液。

对页岩气藏进行水力压裂改造，形成水力压裂裂缝，随着压裂液的不不断侵入，在氧化剂的作用下水力压裂裂缝周围形成氧化溶蚀孔缝。

根据氧化液渗吸速率确定合适的焖井时间，焖井期间随着氧化剂逐渐深入改造及氧化后渗吸作用的加强，水力裂缝面附近页岩基质吸水作用范围显著扩大（如图 1b 所示），有机质氧化溶蚀，粘土矿物大量吸附水，基质孔隙含水饱和度降低（如图 2d 所示），压裂液全部进入地层。

开井，此时压裂液已基本全部深入地层实现零返排，页岩气井投产期间，滞留储层的氧化性压裂液仍旧持续改善页岩气体传输通道，提高页岩气体解吸-扩散能力，压裂液液相返排率极低或全部被地层吸收，或者压裂液液相在气井投产后以气态产出，压裂液中溶解的金

说明书

属离子、悬浮固相、有机质甚至放射性物质滞留于原地而压裂液中溶解的金属离子、悬浮固相、有机质，甚至含放射性物质等原地滞留，同时也避免了压裂液返排带来的一系列问题。

而作为对比的、仅使用普通压裂液和压裂方法的压裂裂缝，其水力压裂裂缝处含有较多的压裂液，其压裂液在天然裂缝的渗透较少（如图 1a 所示），粘土矿物吸水量较少（如图 2c 所示），压裂液主要滞留在水力压裂缝中，在开井时仅有部分压裂液返排，仍有大量压裂液占据有效渗流通道，降低水力压裂改造效果。

综上所述，本发明能够使压裂液在水力压裂裂缝的基础上产生氧化溶蚀孔缝，提高采收率，并且使得页岩层中的粘土矿物吸附大量压裂液，释放出渗流通道，从而提高生产率和生产量，而压裂液中溶解的金属离子、有机质等物质（地层原有物质）原地滞留，即不影响生成的裂缝，也实现了压裂液的零返排，同时避免压裂液将溶解的地层中的金属离子、有机质等物质的排出，减少返排液处理工序，是一种环境友好的技术。

以上的具体实施方式已经结合附图和实施例对本发明的效果进行了详细描述，但是本发明并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，并不是限制性的，本领域的技术人员在本发明的启示下，只要在不超出本发明的主旨范围内，可对实验条件及对象进行灵活的变更，这些均属于本发明的保护范围之内。