



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110776902 A

(43)申请公布日 2020.02.11

(21)申请号 201911050008.8

(22)申请日 2019.10.31

(71)申请人 西安石油大学

地址 710065 陕西省西安市电子二路东段
18号

(72)发明人 燕永利 张阳 牛梦龙 宋兆洋
奚琪 吕博 尹丰丰

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 张海平

(51)Int.Cl.

C09K 8/68(2006.01)

C09K 8/70(2006.01)

E21B 43/26(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种开孔泡沫水泥压裂液及其制备方法和
利用其构筑压裂储层的方法

(57)摘要

本发明提供一种开孔泡沫水泥压裂液及其
制备方法和利用其构筑压裂储层的方法,开孔泡
沫水泥压裂液制备:步骤1,按开孔泡沫水泥压裂
液总质量的百分比计,将30%-40%水泥、45%-
55%砂子、0.5%-2%的减水剂与9%-12%水混
合,得到水泥浆;步骤2,在水泥浆中加入1%~
3%发泡剂,通入气体,控制气体速率为0.5-
2.0mL/50cm³·min,搅拌得到开孔泡沫水泥压裂
液。构筑压裂储层的方法:将开孔泡沫水泥压裂
液压入地层;压裂结束后,持续通入气体并关井
实现开孔泡沫水泥压裂液固化,形成开孔泡沫储
层。本发明开孔泡沫水泥压裂液在压裂后固化得
到开孔泡沫水泥,具有全方位的连通孔道,能够
保障较高的油气渗流能力。

1. 一种开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,配置水泥浆:按开孔泡沫水泥压裂液总质量的百分比计,将30%-40%水泥、45%-55%砂子、0.5%-2%的减水剂与9%-12%水混合,得到水泥浆;

步骤2,按开孔泡沫水泥压裂液总质量的百分比计,在水泥浆中加入1%~3%发泡剂,通入气体,控制气体速率为 $0.5-2.0\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,搅拌速度为2000-4000rpm,搅拌20~35分钟后,得到开孔泡沫水泥压裂液。

2. 根据权利要求1所述的开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,其特征在于,步骤1中,水泥为标号为42.5的波特兰第三型水泥。

3. 根据权利要求1所述的开孔泡沫水泥压裂液构筑压裂储层的方法,其特征在于,步骤1中,减水剂为木质素磺酸盐、萘磺酸盐、氨基磺酸盐或粉末聚羧酸酯。

4. 根据权利要求1所述的开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,其特征在于,步骤2中,按开孔泡沫水泥压裂液总质量的百分比计,发泡剂包括0.5%-1%的阴离子表面活性剂、0.3%-0.5%的非离子表面活性剂和0.5%-1.5%蛋白活性物型发泡剂。

5. 根据权利要求4所述的开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,其特征在于,阴离子表面活性剂为 α -烯烴磺酸盐、烷基萘磺酸盐或脂肪酸磺烷基酯,非离子表面活性剂为月桂醇聚氧乙烯醚、脂肪酸聚氧乙烯酯或烷基酚聚氧乙烯醚,蛋白活性物型发泡剂为茶皂素发泡剂或皂角苷型发泡剂。

6. 根据权利要求1所述的开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,其特征在于,步骤2中,通入的气体为 N_2 、空气或 CO_2 。

7. 权利要求1-6任一项所述的制备方法制备得到的开孔泡沫水泥压裂液。

8. 根据权利要求7所述的开孔泡沫水泥压裂液构筑压裂储层的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,压裂作业:将开孔泡沫水泥压裂液压入地层;

步骤2,开孔泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并关井实现开孔泡沫水泥压裂液固化,在压入地层形成开孔泡沫储层。

9. 根据权利要求8所述的开孔泡沫水泥压裂液构筑压裂储层的方法,其特征在于,步骤1具体为分段压裂:第一阶段,将占总开孔泡沫水泥压裂液体积的30%-35%的开孔泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中;第二阶段,将占总开孔泡沫水泥压裂液体积的20%-25%的开孔泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中;第三阶段,将占总开孔泡沫水泥压裂液体积的40%-50%的开孔泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中;压裂过程中,每阶段的注入压力在20-30MPa范围内,若压力过大,则停止泵入压裂液,直至压力降低后再继续进行。

10. 根据权利要求8所述的开孔泡沫水泥压裂液构筑压裂储层的方法,其特征在于,步骤2中,关井时间为3~5天。

一种开孔泡沫水泥压裂液及其制备方法和利用其构筑压裂储层的方法

技术领域

[0001] 本发明属于水力压裂技术领域,具体涉及一种开孔泡沫水泥压裂液及其制备方法和利用其构筑压裂储层的方法,用于石油天然气开采。

背景技术

[0002] 水力压裂作业在油气田开采与开发中扮演着十分重要的角色。针对压裂液的理论与应用研究一直是油田化学领域的热点。当前在实验室和现场涌现出的压裂液体系包括:①聚合物系列,如瓜胶、聚丙烯酰胺体系,破胶返排不彻底,易造成储层堵塞。②粘弹性胶束压裂体系,耐温性差,体系结构易遭到破坏,成本高。③泡沫压裂体系,耐温性差,体系结构易遭到破坏。④滑溜水体系,悬砂能力较低(<5%砂比),远小于常规瓜胶体系的平均30%砂比。上述几种压裂液体系均存在明显的局限性,目前油气田仍以聚合物基压裂液体系为主导,因此储层伤害依然存在。

[0003] 泡沫水泥/混凝土是通过物理或化学的发泡方法将空气、氮气、二氧化碳或氧气等气体引入水泥浆体中,经固化制成含大量细小封闭气孔并具有相当强度的水泥/混凝土制品。泡沫水泥/混凝土以其优良的特性,如质轻、隔热、隔音、价格低廉等特点,在建筑材料领域占有举足轻重的地位。泡沫水泥还以其低密度、低渗透性,可减少气窜、防止套管腐蚀等优点,广泛应用于油气作业漏失层固井、长封固段固井及注气井固井作业,且以闭孔泡沫结构为主要表现形式。

[0004] 当前,泡沫水泥/混凝土的理论与应用研究仍以闭孔结构为主,而对于双连续泡沫水泥/混凝土结构的相关理论研究至今未见有公开报道,且双连续泡沫水泥也没有应用到压裂技术中。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种开孔泡沫水泥压裂液及其制备方法和利用其构筑压裂储层的方法,采用独特的开孔泡沫水泥体系,可形成全方位的连通孔道,渗透率高,能够保障较高的油气渗流能力,有利于压裂后的油气开采。

[0006] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1,配置水泥浆:按开孔泡沫水泥压裂液总质量的百分比计,将30%-40%水泥、45%-55%砂子、0.5%-2%的减水剂与9%-12%水混合,得到水泥浆;

[0009] 步骤2,按开孔泡沫水泥压裂液总质量的百分比计,在水泥浆中加入1%~3%发泡剂,通入气体,控制气体速率为 $0.5-2.0\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,搅拌速度为2000-4000rpm,搅拌20~35分钟后,得到开孔泡沫水泥压裂液。

[0010] 优选的,步骤1中,水泥为标号为42.5的波特兰第三型水泥。

[0011] 优选的,步骤1中,减水剂为木质素磺酸盐、萘磺酸盐、氨基磺酸盐或粉末聚羧酸

酯。

[0012] 优选的,步骤2中,按开孔泡沫水泥压裂液总质量的百分比计,发泡剂包括0.5-1%的阴离子表面活性剂、0.3%-0.5%的非离子表面活性剂和0.5%-1.5%蛋白活性物型发泡剂。

[0013] 进一步的,阴离子表面活性剂为 α -烯烃磺酸盐、烷基萘磺酸盐或脂肪酸磺烷基酯,非离子表面活性剂为月桂醇聚氧乙烯醚、脂肪酸聚氧乙烯酯或烷基酚聚氧乙烯醚,蛋白活性物型发泡剂为茶皂素发泡剂或皂角苷型发泡剂。

[0014] 优选的,步骤2中,通入的气体为 N_2 、空气或 CO_2 。

[0015] 所述的制备方法制备得到的开孔泡沫水泥压裂液。

[0016] 所述的开孔泡沫水泥压裂液构筑压裂储层的方法,包括以下步骤:

[0017] 步骤1,压裂作业:将开孔泡沫水泥压裂液压入地层;

[0018] 步骤2,开孔泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并关井实现开孔泡沫水泥压裂液固化,在压入地层形成开孔泡沫储层。

[0019] 优选的,步骤1具体为分段压裂:第一阶段,将占总开孔泡沫水泥压裂液体积的30%-35%的开孔泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中;第二阶段,将占总开孔泡沫水泥压裂液体积的20%-25%的开孔泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中;第三阶段,将占总开孔泡沫水泥压裂液体积的40%-50%的开孔泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中;压裂过程中,每阶段的注入压力在20-30MPa范围内,若压力过大,则停止泵入压裂液,直至压力降低后再继续进行。

[0020] 优选的,步骤2中,关井时间为3~5天。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0022] 本发明提出一种新颖的压裂技术-开孔泡沫水泥压裂液体系,通过改变起泡剂含量和水泥含量,通过控制气体通入,对气泡成核速率、气泡聚并速率及水泥水化速率进行控制,从而使生成的气泡发生聚并,又由于控制了气泡聚并速率和水泥水化速率使其保持平衡,因此开孔泡沫水泥压裂液在压裂后固化得到开孔泡沫水泥。在制备水泥浆时,加入一定量的减水剂,对水泥颗粒有分散作用,能改善其工作性,减少单位用水量,抗压强度大,可以大大提高水泥的强度以及1倍以上的使用寿命,并改善水泥拌合物的流动性。采用开孔泡沫水泥压裂液压裂后固化得到的开孔泡沫水泥具有全方位的连通孔道,渗透率高达90%以上,能够保障较高的油气渗流能力,有利于压裂后的油气开采;以开孔泡沫水泥作为压裂液体系,固化后的泡沫水泥直接作为压裂层通道,无需支撑剂,无需返排,不会造成储层伤害。此方法具有宽广的孔隙率和密度的可调控性,适用于不同储层压裂作业,适用范围广,相对于常规压裂液体系,该体系具有明显的理论与技术优势。本发明适用于石油天然气开采中的水力压裂作业,是一种简单高效经济的压裂方法。本发明整个压裂作业完全按照常规压裂操作规程进行,方法简单。

[0023] 进一步的,水泥采用标号为42.5的波特兰第三型水泥,其在3~5天之间所能发展之强度需能相当于普通水泥28天所发展,最高抗压轻度可达到42.5MPa。

[0024] 进一步的,在制备起泡剂时,加入少量的蛋白活性物型发泡剂,它们的突出优点是泡沫特别稳定,可以长时间不消泡,完全消泡的时间大多长于24h,是其它类型的发泡剂望尘莫及的。另外,还有着比较满意的发泡倍数。

[0025] 将开孔泡沫水泥压裂液打入地层时,采用间歇压裂方式,其能够在低成本的前提下形成复杂缝网体系,且在现场压裂过程中对压裂设备的要求较低。最后关井,持续通入气体并硬化3-5天,即在油井里形成了开孔泡沫水泥,构筑其压裂储层。

具体实施方式

[0026] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0027] 本发明所述的开孔泡沫水泥压裂液的制备方法,步骤如下:在地面配置水泥浆,按质量百分比计,在97%~99%水泥浆中加入1%~3%起泡剂,形成水泥压裂液。然后向其通入气体并进行搅拌,此时应严格控制气体通入的速率在 $0.5-2.0\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$ 范围内,搅拌速率在2000-4000rpm范围内,生成大量稳定的泡沫,形成泡沫水泥压裂液。将制备好的泡沫水泥压裂液通过压裂车分段泵入油井至储层,注入压力在20-30MPa范围,关井3-5天。

[0028] 其中,按质量百分比计,水泥浆包括:30%-40%的波特兰水泥Ⅲ,45%-55%的砂子(20-40目),9%-12%的水,0.5%-2%的减水剂;起泡剂包括:0.5%-1%的阴离子表面活性剂、0.3%-0.5%的非离子表面活性剂和0.5%-1.5%蛋白活性物型发泡剂。

[0029] 水泥为标号为42.5的波特兰第三型水泥,其在3~5天之间所能发展之强度需能相当于普通水泥28天所发展,最高抗压轻度可达到42.5MPa。

[0030] 减水剂为木质素磺酸盐、萘磺酸盐、氨基磺酸盐或粉末聚羧酸酯中的一种。

[0031] 阴离子表面活性剂选取磺酸盐中的一种,例如 α -烯烴磺酸盐、烷基萘磺酸盐、脂肪酸磺烷基酯。非离子表面活性剂选取含有聚氧乙烯基中的一种,例如月桂醇聚氧乙烯醚、脂肪族聚氧乙烯醚、烷基酚聚氧乙烯醚。蛋白活性物型发泡剂选取植物蛋白发泡剂中的一种,例如茶皂素发泡剂、皂角苷型发泡剂。

[0032] 气体为 N_2 、空气或 CO_2 气体中的一种或任意几种。向水泥压裂液中通入气体时,可根据不同井深调节气体通入速率进而控制泡沫大小:如在油井较深($>3000\text{m}$)时,选择孔隙较小的泡沫($<0.3\text{mm}$),气体通入速率较快,控制在 $0.5-0.8\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,泡沫质量在80%~95%之间;若($1800\text{m}<h<3000\text{m}$)时,则可以用孔隙适中的泡沫($0.3\text{mm}\sim 0.7\text{mm}$),气体通入速率适中,控制在 $0.8-1.5\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,泡沫质量在65%~80%之间。若($<1800\text{m}$)时,则可以用孔隙稍大的泡沫($0.7\text{mm}\sim 1.1\text{mm}$),气体通入速率较慢,控制在 $1.5-2.0\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,泡沫质量在52%~65%之间。孔隙减小的泡沫搅拌时间较长、转速较大,孔隙较大的泡沫搅拌时间较短、转速较慢。

[0033] 利用上述开孔泡沫水泥压裂液构筑压裂储层的方法,包括以下步骤:

[0034] 步骤1,在地面制备水泥压裂液:制备水泥浆和起泡剂,并进行混合形成水泥压裂液;

[0035] 步骤2,对目标储层进行压前评价,并确定搅拌和气体通入速率以及时间,气体通入速率在 $0.5-2.0\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$ 范围内,搅拌速率在2000-4000rpm范围内,搅拌和气体通入速率根据地层条件调节;

[0036] 步骤3,泡沫水泥压裂液形成:按照步骤2对水泥压裂液通入气体并搅拌,得到泡沫水泥压裂液;

[0037] 步骤4,压裂作业:按照常规压裂,将制备好的泡沫水泥压裂液分段压入地层,注入

压力在20-30MPa范围,根据地层条件调节;

[0038] 步骤5,开孔泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并硬化3-5天,实现开孔泡沫水泥压裂液固化,整个压裂结束,在压入地层可形成开孔泡沫储层。

[0039] 本发明通过控制气体通入过程、搅拌强度和水泥浆组成达到对其形成及微观结构的调控,形成开孔泡沫水泥压裂液。

[0040] 具体实施例如下。

[0041] 实施例1

[0042] 1) 在地面制备水泥浆:将质量百分比为30%的波特兰水泥Ⅲ,55%的砂子(20目),10%的水,2%的减水剂木质素磺酸盐组成水泥浆;

[0043] 2) 在地面制备起泡剂:将质量百分比为1%的阴离子表面活性剂 α -烯烴磺酸盐、质量百分比为0.5%的非离子表面活性剂月桂醇聚氧乙烯醚和质量百分比为1.5%的茶皂素发泡剂混配;

[0044] 3) 对目标储层的评价:井深1700m。通入 N_2 并进行搅拌,气体通入速率为 $0.5\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,搅拌速率2000rpm,工作时间为10min;

[0045] 4) 泡沫水泥压裂液形成:把起泡剂加入水泥浆中,形成水泥压裂液,按照3)对水泥压裂液进行处理,形成泡沫水泥压裂液;

[0046] 5) 压裂作业:通过压裂车将泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的30%;再次通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的25%;最后通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,直至泵入压裂液的量达到设计泵入的量,该段压裂液体积占总体积的45%。压裂过程中,每段的注入压力为20MPa,若压力过大,则停止泵入压裂液,直至压力降低才能继续;

[0047] 6) 泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并关井3天,实现泡沫水泥压裂液固化,整个压裂结束,在压入地层可形成开孔泡沫储层。

[0048] 实施例2

[0049] 1) 在地面制备水泥浆:将质量百分比为40%的波特兰水泥Ⅲ,45%的砂子(30目),12%的水,1%的减水剂萘磺酸盐组成水泥浆;

[0050] 2) 在地面制备起泡剂:将质量百分比为1%的阴离子表面活性剂烷基萘磺酸盐和质量百分比为0.5%的非离子表面活性剂脂肪酸聚氧乙烯酯和质量百分比为0.5%的茶皂素发泡剂混配;

[0051] 3) 对目标储层的评价:井深2200m。通入 N_2 并进行搅拌,气体通入速率为 $1.0\text{mL}/50\text{cm}^3 \cdot \text{min}$,搅拌速率2500rpm,工作时间为15min;

[0052] 4) 泡沫水泥压裂液形成:把起泡剂加入水泥浆中,形成水泥压裂液,按照3)对水泥压裂液进行处理,形成泡沫水泥压裂液;

[0053] 5) 压裂作业:通过压裂车将泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的32%;再次通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的21%;最后通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,直至泵入压裂液的量达到设计泵入的量,该段压裂液体积占总体积的47%。压裂过程中,每段的注入压力为24MPa,若压力过大,则停止泵入压裂液,直至压力降低才能继续;

[0054] 6) 泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并关井4天,实现泡沫水泥压

裂液固化,整个压裂结束,在压入地层可形成开孔泡沫储层。

[0055] 实施例3

[0056] 1) 在地面制备水泥浆:将质量百分比为35%的波特兰水泥Ⅲ,50%的砂子(35目),11%的水,0.5%的减水剂粉末聚羧酸酯组成水泥浆;

[0057] 2) 在地面制备起泡剂:将质量百分比为1%的阴离子表面活性剂脂肪磺烷基酯、质量百分比为0.5%的非离子表面活性剂烷基酚聚氧乙烯醚和质量百分比为1.5%的皂角苷型发泡剂混配;

[0058] 3) 对目标储层的评价:井深2700m。通入CO₂并进行搅拌,气体通入速率为1.6mL/50cm³·min,搅拌速率3400rpm,工作时间为20min;

[0059] 4) 泡沫水泥压裂液形成:把起泡剂加入水泥浆中,形成水泥压裂液,按照3)对水泥压裂液进行处理,形成泡沫水泥压裂液;

[0060] 5) 压裂作业:通过压裂车将泡沫水泥压裂液泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的35%;再次通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的20%;最后通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,直至泵入压裂液的量达到设计泵入的量,该段压裂液体积占总体积的45%。压裂过程中,每段的注入压力在27MPa范围内,若压力过大,则停止泵入压裂液,直至压力降低才能继续;

[0061] 6) 泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并关井4天,实现泡沫水泥压裂液固化,整个压裂结束,在压入地层可形成开孔泡沫储层。

[0062] 实施例4

[0063] 1) 在地面制备水泥浆:将质量百分比为37%的波特兰水泥Ⅲ,50%的砂子(40目),9%的水,1.8%的减水剂氨基磺酸盐组成水泥浆;

[0064] 2) 在地面制备起泡剂:将质量百分比为0.8%的阴离子表面活性剂 α -烯烴磺酸盐、质量百分比为0.4%的非离子表面活性剂月桂醇聚氧乙烯醚和质量百分比为1%的皂角苷型发泡剂混配;

[0065] 3) 对目标储层的评价:井深3200m。通入CO₂并进行搅拌,气体通入速率为2.0mL/50cm³·min,搅拌速率4000rpm,工作时间为25min;

[0066] 4) 泡沫水泥压裂液形成:把起泡剂加入水泥浆中,形成水泥压裂液,按照3)对水泥压裂液进行处理,形成泡沫水泥压裂液;

[0067] 5) 压裂作业:通过压裂车将泡沫压裂液泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的30%;再次通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,该段压裂液体积占总体积的20%;最后通过压裂车将压裂液继续泵入油井至储层中,直至泵入压裂液的量达到设计泵入的量,该段压裂液体积占总体积的50%。压裂过程中,每段的注入压力在30MPa范围内,若压力过大,则停止泵入压裂液,直至压力降低才能继续;

[0068] 6) 泡沫水泥压裂液固化:压裂结束后,持续通入气体并关井5天,实现泡沫水泥压裂液固化,整个压裂结束,在压入地层可形成开孔泡沫储层。

[0069] 对实施例4进行性能测试后:抗压强度达40Mpa、水泥密度达1.21g/cm³、渗透率达94.8%、稠化时间为302min、完全消泡时间达50h。