



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109281645 B

(45) 授权公告日 2021.07.30

(21) 申请号 201811161810.X

E21B 43/267 (2006.01)

(22) 申请日 2018.09.30

G09K 8/80 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 廖娜

申请公布号 CN 109281645 A

(43) 申请公布日 2019.01.29

(73) 专利权人 重庆长江造型材料(集团)股份有限公司

地址 400709 重庆市北碚区童家溪镇五星
中路6号

(72) 发明人 熊帆 熊鹰 王正力 陈秋庆

(74) 专利代理机构 重庆强大凯创专利代理事务
所(普通合伙) 50217

代理人 王典彪

(51) Int. Cl.

E21B 43/26 (2006.01)

权利要求书2页 说明书8页

(54) 发明名称

采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法

(57) 摘要

本发明属于流体矿开采技术领域,具体公开了采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,包括以下步骤:(1)将前置液泵入井下储层内进行压裂,形成初期裂缝;(2)在混砂机中持续加入携砂液,同时加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液,混砂时间7-15s;自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为5-55%,混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y = 118.35X^{0.1918}$; (3)形成初期裂缝后,将携砂压裂液连续泵入初期裂缝中,使初期裂缝延伸,形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。使用本发明申请的技术方案能有效解决现有施工方法导致的施工不便、周期长、成本高昂的问题。

1. 采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:

自悬浮清水压裂支撑剂包括骨料和包裹在骨料外的覆膜层,覆膜层包括内膜层和外膜层,制备外膜层的原料包括外层树脂、外层催化剂、外层固化剂和胺类化合物;制备内膜层的原料包括第一树脂和第一固化剂或制备内膜层的原料包括第二树脂、第二固化剂和内层催化剂;所述外层树脂、第二树脂均为多元醇类树脂;所述外层固化剂和第二固化剂为异氰酸酯类;按质量份数计,外层树脂质量份数为骨料质量份数的0.2-9%,外层催化剂质量份数为外层树脂质量份数的0.1-1%,外层固化剂质量份数为外层树脂质量份数的40-80%,胺类化合物质量份数为外层树脂的质量份数的1-20%;

所述施工方法包括以下步骤:

(1) 将前置液泵入井下储层内进行压裂,形成初期裂缝;

(2) 在混砂机中持续加入携砂液,同时加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液,混砂时间7-15s;自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为5-55%,混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y=118.35X^{0.1918}$;

(3) 形成初期裂缝后,将携砂压裂液连续泵入初期裂缝中,使初期裂缝延伸,形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。

2. 根据权利要求1所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:所述步骤(1)具体为:将前置液以1-3 立方每分钟的排量泵入井下储层内进行压裂,形成初期裂缝。

3. 根据权利要求2所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:自悬浮清水压裂支撑剂以大于2立方每分钟的添加量加入。

4. 根据权利要求3所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:步骤(1)中的前置液选用天然水、冻胶、滑溜水、线性胶中的一种。

5. 根据权利要求4 所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:步骤(2)中的携砂液选用清水、河水、地层水、联合站污水、压裂返排水、海水中的一种或多种。

6. 根据权利要求5所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:所述外层催化剂、内层催化剂均为烷基类锡的有机金属化合物和/或烷基类铅的有机金属化合物中的一种或几种。

7. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:按质量份数计,外层树脂质量份数为骨料质量份数的1-5%,外层催化剂质量份数为外层树脂质量份数的0.3-0.8%,外层固化剂质量份数为外层树脂质量份数的50-70%,胺类化合物质量份数为外层树脂的质量份数的8-18%。

8. 根据权利要求5-6任一项所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:第一树脂、第二树脂的质量份数均为骨料质量份数的0.2-9%,第一固化剂质量份数为第一树脂质量份数的10-50%;第二固化剂质量份数为第二树脂质量份数的40-80%,内层催化剂质量份数为第二树脂质量份数的0.1-1%。

9. 根据权利要求5-6任一项所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:第一树脂、第二树脂的质量份数均为骨料质量份数的1-5%,第一固化剂质量份数为第一树脂质量份数的30-50%;第二固化剂质量份数为第二树脂质量份数的50-70%,内层催化剂质量份数为第二树脂质量份数的0.3-0.8%。

10. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:内膜层和外膜层内均添加有减阻剂,减阻剂质量份数为骨料质量份数的0.7-1.8%。

11. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:外膜层还包括减阻剂,外膜层由外层树脂、外层催化剂、外层固化剂、减阻剂和胺类化合物生成,减阻剂质量份数为骨料质量份数的0.5-1.5%。

12. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:多元醇类树脂选用乙二醇、丙二醇、丙三醇聚合物中的一种或者几种。

13. 根据权利要求7所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:异氰酸酯类选用甲苯二异氰酸酯、亚甲基二苯基二异氰酸酯、异佛尔酮二异氰酸酯、二苯基甲烷二异氰酸酯中的一种或者几种。

14. 根据权利要求8所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:烷基类锡的有机金属化合物具体选用二月桂酸二丁基锡或三丁基锡,烷基类铅的有机金属化合物具体选用异辛酸铅。

15. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:所述胺类化合物为二乙烯三胺、三乙胺、乙胺、三乙烯四胺、乙二胺中的一种或者几种。

16. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:所述第一树脂的平均分子量大于100。

17. 根据权利要求6所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:所述骨料选用石英砂、陶粒、人工陶瓷质砂或有机合成砂。

18. 根据权利要求10或11所述的采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,其特征在于:减阻剂选用自制减阻剂或外购减阻剂,所述自制减阻剂制备步骤如下,按质量分数计加入85-93%的水,5-10%的丙烯酰胺及丙烯酰胺衍生物,0.5-2%的丙烯酸及甲基丙烯酸,1-5%的2-丙烯酰胺-2-甲基丙磺酸及0.5-3%的甲基丙烯磺酸钠,搅拌150-220rpm,并升温至40-70℃,加入上述总质量0.3-2%的引发剂,经3-40min反应,降至常温。

采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于流体矿开采技术领域,尤其涉及一种采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法。

背景技术

[0002] 在开采形成在地下岩层中的矿藏时,为了获得高产,常借用液体传力进行压裂施工。压裂的过程是在地面采用高压大排量的泵,利用液体传压的原理,将具有一定粘度的液体(通常称之为压裂液),以大于储层的吸收能力的压力向储层注入,并使井筒内压力逐渐升高,从而在井底憋起高压,当此压力大于井壁附近的地应力和地层岩石的抗张强度时,便在井底附近的地层产生裂缝;继续注入带有支撑剂的压裂液(又称携砂液),裂缝向前延伸并被填以支撑剂,关井后裂缝闭合在支撑剂上,从而在井底附近地层内形成具有一定几何尺寸和高导流能力的填有支撑剂的裂缝(石油等流体可从支撑剂的间隙中导流而出),使井达到增产增注的目的。

[0003] 支撑剂由压裂液带入并支撑在压裂地层的裂缝中,从而有效地将油气导入油气井,大幅度提高油气产量和延长油井寿命。支撑剂为具有一定粒度和级配的天然砂或人造高强陶瓷颗粒等,砂粒或陶粒表面常涂覆树脂,以进一步提高支撑剂的强度和导流性能。

[0004] 压裂液用于将储层压裂并将支撑剂携带送入储层裂缝,它需要具有低摩阻、滤失量小、污染小、携砂能力强等特性。低摩阻能够使得压裂液更容易被送入井底。压裂液到达井底进入储层后,会有一定程度的滤失,为减少滤失,并提高携砂能力,压裂液中通常添加有高分子增稠剂等有机分子,然而这些有机分子会随着压裂液的滤失对储层造成伤害,使储层导油能力下降,从而污染储层。并且,目前压裂液一般需要提前将高分子增稠剂混入并搅拌均匀,然后长时间放置(短则1-2小时,长则24小时左右)之后,再加入支撑剂,才能进行压裂施工,时间较长,施工不便;另外,压裂液成本为普通清水成本的几十倍,成本十分高昂。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,以解决现有施工方法施工不便、周期长、成本高昂的问题。

[0006] 为了达到上述目的,本发明的基础方案为:采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 将前置液泵入井下储层内进行压裂,形成初期裂缝;

[0008] (2) 在混砂机中持续加入携砂液,同时加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液,混砂时间7-15s;自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为5-55%,混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y=118.35X^{0.1918}$;

[0009] (3) 形成初期裂缝后,将携砂压裂液连续泵入初期裂缝中,使初期裂缝延伸,形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。

[0010] 本基础方案的有益效果在于：

[0011] 1、本发明采用自悬浮清水压裂支撑剂和携砂液混配直接配制成携砂压裂液，自悬浮清水压裂支撑剂能够在清水中悬浮，且悬浮的效果较好，悬浮时大于4小时，悬浮比大于10%，在该体系中不需额外添加高分子增稠剂等有机分子，降低施工成本的同时也有效降低了压裂施工对储层的伤害。

[0012] 2、在本发明中，将携砂液和自悬浮清水压裂支撑剂同时通入混砂机内，混合时间1-15s后即可立即泵入初期裂缝中，与传统的施工方法相比，无需提前配制携砂液，无需添加增稠剂，有效减少工序，提高工作效率，节约成本。

[0013] 3、使用本施工方法，自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积可高达55%，有效实现大排量。

[0014] 4、通过对混砂速度Y与砂水体积比X进行控制，可使自悬浮清水压裂支撑剂中的减阻成份瞬间溶于携砂液中，实现瞬间即溶，试验发现，仅7s即可使携砂压裂液具有良好的减阻效果，减阻率在40-70%，既能保证连续施工又能保证减阻的效果。

[0015] 进一步，将前置液以大于2立方每分钟的排量泵入井下储层内进行压裂，形成初期裂缝。

[0016] 进一步，在混砂机中持续加入携砂液，同时以1-3立方每分钟的排量加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液。

[0017] 进一步，步骤(1)中的前置液选用天然水、冻胶、滑溜水、线性胶中的一种。

[0018] 进一步，步骤(2)中的携砂液选用清水、河水、地层水、联合站污水、压裂反排水、海水的一种或多种。自悬浮清水压裂支撑剂密度低、悬浮性好，自悬浮清水压裂支撑剂在清水、河水、地层水、联合站污水、压裂反排水或海水可较好的悬浮。

[0019] 进一步，步骤(2)中的自悬浮清水压裂支撑剂包括骨料和包裹在骨料外的覆膜层，覆膜层包括内膜层和外膜层，外膜层由外层树脂、外层催化剂、外层固化剂和胺类化合物生成。

[0020] 进一步，所述外层树脂、第二树脂均为多元醇类树脂。多元醇类树脂与固化剂反应过程中，在胺类化合物的作用下，支撑剂材料的表面能够产生大量的隆起，大量隆起集聚在一起形成气泡层，有助于支撑剂材料在水中悬浮。

[0021] 进一步，所述外层固化剂、第二固化剂为异氰酸酯类。选用异氰酸酯类作为固化剂，树脂受热固化的效果较好。

[0022] 进一步，所述外层催化剂、内层催化剂均为烷基类锡的有机金属化合物和/或烷基类铅的有机金属化合物中的一种或几种。烷基类锡、烷基类铅的有机金属化合物作为催化剂，催化反应的效果较好。

[0023] 进一步，按质量份数计，外层树脂质量份数为骨料质量份数的0.2-9%，外层催化剂质量份数为外层树脂质量份数的0.1-1%，外层固化剂质量份数为外层树脂质量份数的40-80%，胺类化合物质量份数为外层树脂的质量份数的1-20%。

[0024] 申请人在长期的试验中发现，多元醇类树脂与异氰酸酯类固化剂的用量控制在上述范围，能产生与现有材料性能完全不同的性能。多元醇类树脂能与异氰酸酯反应生成聚氨酯树脂，在本方申请中通过严格控制固化剂的用量使得异氰酸酯固化剂在与多元醇类树脂反应生成聚氨酯树脂后仍有剩余，剩余的异氰酸酯与胺类化合物反应，这个过程中，会产

生氮气、一氧化氮、一氧化碳等气体,这些气体在还未完全固化的聚氨酯树脂膜的表面会产生大量的隆起,隆起数量在每平方米 4×10^7 个左右,这些隆起有助于支撑剂发生悬浮。同时由于严格控制了原料的用量,这些隆起的大小控制在合适的范围内,不会过大而形成穿气孔。异氰酸酯与胺类化合物反应后还剩下部分的异氰酸酯,将支撑剂投入水中,支撑剂与水接触时,其表面的异氰酸酯能与水迅速反应释放出气体小分子,这些气体小分子或封闭在外膜层中膨胀,推动外膜层阶段性增厚增大了支撑剂颗粒体的当量直径,或附着在支撑剂表面阶段性扩展或聚集在支撑剂覆膜层与水体接触的界面上形成一层包裹支撑剂颗粒体的气体层,这种气体层在支撑剂颗粒体间形成阶段性连通并合的结果造成单粒支撑剂在水中形成较为松散的棉花絮集聚状,这样就大大降低了支撑剂在水中的相对密度,能使支撑剂的悬浮性能更佳。严格控制胺类添加剂的用量,除了确保胺类添加剂与异氰酸酯固化剂反应时胺类添加剂完全反应而异氰酸酯固化剂还有剩余外,控制反应过程中氮气、一氧化碳等气体的生产量,确保能在支撑剂表面形成固定数量的隆起,并保证隆起的直径为100-500nm,不会过小也不会过大而形成穿气孔。

[0025] 进一步,按质量份数计,外层树脂质量份数为骨料质量份数的1-5%,外层催化剂质量份数为外层树脂质量份数的0.3-0.8%,外层固化剂质量份数为外层树脂质量份数的50-70%,胺类化合物质量份数为外层树脂的质量份数的8-18%。申请人试验发现,采用上述质量份数的原材料制作自悬浮清水压裂支撑剂,制备得到的自悬浮清水压裂支撑剂机械性能较好。

[0026] 进一步,内膜层由第一树脂和第一固化剂生成或由第二树脂、第二固化剂和内层催化剂生成,第一树脂、第二树脂的质量份数均为骨料质量份数的0.2-9%,第一固化剂质量份数为第一树脂质量份数的10-50%;第二固化剂质量份数为第二树脂质量份数的40-80%,内层催化剂质量份数为第二树脂质量份数的0.1-1%。申请人试验发现,采用上述质量份数的原材料制作自悬浮清水压裂支撑剂,制备得到的自悬浮清水压裂支撑剂机械性能较好。

[0027] 进一步,第一树脂、第二树脂的质量份数均为骨料质量份数的1-5%,第一固化剂质量份数为第一树脂质量份数的30-50%;第二固化剂质量份数为第二树脂质量份数的50-70%,内层催化剂质量份数为第二树脂质量份数的0.3-0.8%。申请人试验发现,采用上述质量份数的原材料制作自悬浮清水压裂支撑剂,制备得到的自悬浮清水压裂支撑剂综合性能较好。

[0028] 进一步,内膜层和外膜层内均添加有减阻剂,减阻剂质量份数为骨料质量份数的0.7-1.8%。

[0029] 进一步,外膜层还包括减阻剂,外膜层由外层树脂、外层催化剂、外层固化剂、减阻剂和胺类化合物生成,减阻剂质量份数为骨料质量份数的0.5-1.5%。

[0030] 进一步,多元醇类树脂选用乙醇、乙二醇、丙二醇、丙三醇、丙醇等聚合物中的一种或者几种。申请人试验发现,选用上述多元醇类树脂,制备得到的自悬浮清水压裂支撑剂悬浮性较好。

[0031] 进一步,异氰酸酯类选用甲苯二异氰酸酯、亚甲基二苯基二异氰酸酯、异佛尔酮二异氰酸酯、二苯基甲烷二异氰酸酯中的一种或者几种。经过申请人的研究发现,选用上述的原料作为固化剂,树脂受热固化的效果较好。

[0032] 进一步,烷基类锡的有机金属化合物具体选用二月桂酸二丁基锡、三丁基锡,烷基类铅的有机金属化合物具体选用四乙基铅、异辛酸铅。经过申请人的研究发现,选用上述的原料作为催化剂,催化反应的效果较好。

[0033] 进一步,所述胺类化合物为二乙烯三胺、三乙胺、乙胺、三乙烯四胺、乙二胺中的一种或者几种。申请人经过多次试验发现,选用上述的原料作为胺类化合物,能使支撑剂材料产生隆起的效果更好。

[0034] 进一步,所述第一树脂分子结构中至少含有环氧基、酚羟基、羰基、酰胺基、氨基、异氰酸酯基中的两种以上基团的有机大分子物质,第一树脂的平均分子量大于100。申请人经过多次试验发现,选用上述材料作为第一树脂,制备得到的内膜层强度较好。

[0035] 进一步,所述骨料选用石英砂、陶粒、人工陶瓷质砂、有机合成砂或有机无机复合材质砂。支撑剂材料的骨料需在某些性能上符合指标,上述原料较好的符合使用需求。

[0036] 进一步,减阻剂选用自制减阻剂或外购减阻剂,所述自制减阻剂制备步骤如下,按质量分数计加入85-93%的水,5-10%的丙烯酰胺及丙烯酰胺衍生物,0.5-2%的丙烯酸及甲基丙烯酸,1-5%的2-丙烯酰胺-2-甲基丙磺酸及0.5-3%的甲基丙烯磺酸钠,搅拌150-220rpm,并升温至40-70℃,加入上述总质量0.3-2%的引发剂,经3-40min反应,降至常温。采用上述方法合成的自制减阻剂减阻效果好,可有效改善支撑剂的减阻性能。

[0037] 进一步,所述外购减阻剂为N-十二烷基三甲基硅烷、氧化石蜡皂、JG-1、Z02中的一种。

具体实施方式

[0038] 下面对原料选用进行说明,并通过具体实施方式对本发明作进一步详细的说明:

[0039] 本实施例中的外层固化剂、第二固化剂为异氰酸酯类,选用甲苯二异氰酸酯、亚甲基二苯基二异氰酸酯、异佛尔酮二异氰酸酯、二苯基甲烷二异氰酸酯中的一种或者几种。

[0040] 本实施例中的胺类化合物为二乙烯三胺、三乙胺、乙胺、三乙烯四胺、乙二胺中的一种或者几种。

[0041] 本实施例中的外层催化剂、内层催化剂均为烷基类锡的有机金属化合物和/或烷基类铅的有机金属化合物中的一种或几种,烷基类锡的有机金属化合物具体选用二月桂酸二丁基锡、三丁基锡,烷基类铅的有机金属化合物具体选用四乙基铅、异辛酸铅。

[0042] 本实施例中的外层树脂、第二树脂均为多元醇类树脂,选用乙醇、乙二醇、丙二醇、丙三醇、丙醇等聚合物中的一种或者几种。

[0043] 本实施例中第一树脂分子结构中至少含有环氧基、酚羟基、羰基、酰胺基、氨基、异氰酸酯基中的两种以上基团的有机大分子物质,第一树脂的平均分子量大于100。

[0044] 本实施例中的外购减阻剂为N-十二烷基三甲基硅烷、氧化石蜡皂、JG-1、Z02中的一种。

[0045] 本实施例中的自制减阻剂采用以下制备得到:按质量分数计加入85-93%的水,5-10%的丙烯酰胺及丙烯酰胺衍生物,0.5-2%的丙烯酸及甲基丙烯酸,1-5%的2-丙烯酰胺-2-甲基丙磺酸及0.5-3%的甲基丙烯磺酸钠,搅拌150-220rpm,并升温至40-70℃,加入上述总质量0.3-2%的引发剂,经3-40min反应,降至常温。

[0046] 下面对施工过程中自悬浮清水压裂支撑剂的选用进行说明:

支撑剂规格	适用井深	适用 PH 范围	适用矿化度	适用温度
[0047] 20/40 目	<3000 米	≥ 3.0	无要求, 矿化度 越高效果 越好	5-145℃
30/50 目	<3200 米	≥ 3.0		5-205℃
40/70 目	<3500 米	≥ 3.0		5-205℃
70/140 目	<4000 米	≥ 3.0		5-205℃

[0048] 实施例1

[0049] 采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,包括以下步骤:

[0050] (1) 利用高压泵车以2立方每分钟的排量将天然水泵入井下储层内进行压裂,形成初期裂缝;

[0051] (2) 在混砂机中持续加入清水作为携砂液,同时以2.2立方每分钟的排量加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液,混砂时间10s;自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为40%,混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y=118.35X^{0.1918}$;

[0052] (3) 形成初期裂缝后,利用高压泵车将携砂压裂液连续泵入初期裂缝中,使初期裂缝延伸,形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。

[0053] 本实施例中是使用的自悬浮清水压裂支撑剂包括以下质量份数的原料:骨料100份、外层树脂2份、第二树脂2份、第二固化剂1份、外层固化剂1.6份、内层催化剂0.015份、外层催化剂0.015份、胺类化合物0.3份、自制减阻剂1份。其中骨料选用20/40石英砂,外层树脂选用乙二醇聚合物、第二树脂选用丙醇聚合物,第二固化剂选用二苯基甲烷二异氰酸酯,外层固化剂选用甲苯二异氰酸酯,外层催化剂选用异辛酸铅,内层催化剂选用二月桂酸二丁基锡,胺类化合物选用二乙烯三胺。

[0054] 该自悬浮清水压裂支撑剂采用以下方法制备得到:

[0055] (1) 将骨料加热到130℃,加入第二树脂和内层催化剂,混合搅拌15s;

[0056] (2) 加入第二固化剂,混合搅拌18s;

[0057] (3) 加入外层树脂和外层催化剂,混合搅拌15s;

[0058] (4) 加入胺类化合物,搅拌混合15s;

[0059] (5) 加入外层固化剂,混合搅拌30s;

[0060] (6) 加入自制减阻剂混合搅拌40s,出锅,得到支撑剂材料。

[0061] 实施例2

[0062] 采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法,包括以下步骤:

[0063] (1) 利用高压泵车以2.5立方每分钟的排量将天然水泵入井下储层内进行压裂,形成初期裂缝;

[0064] (2) 在混砂机中持续加入清水作为携砂液,同时以2.6立方每分钟的排量加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液,混砂时间12s;自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为45%,混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y=118.35X^{0.1918}$;

[0065] (3) 形成初期裂缝后,利用高压泵车将携砂压裂液连续泵入初期裂缝中,使初期裂缝延伸,形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。

[0066] 本实施例中是使用的自悬浮清水压裂支撑剂包括以下质量份数的原料：骨料100份、外层树脂3份、第一树脂2份、第一固化剂0.8份、外层固化剂2份、外层催化剂0.015份、胺类化合物0.4份、自制减阻剂1.2份。其中骨料选用30/50石英砂，外层树脂选用乙醇聚合物、第一树脂选用酚醛树脂，第一固化剂选用六次甲基四胺、外层固化剂选用甲苯二异氰酸酯，外层催化剂选用异辛酸铅，胺类化合物选用三乙胺。

[0067] 该支撑剂材料采用以下方法制备得到：

[0068] (1) 将骨料加热到190℃，加入第一树脂和第一固化剂，混合搅拌12s；

[0069] (2) 加入0.6份自制减阻剂，混合搅拌30s；

[0070] (3) 加入外层树脂和外层催化剂，混合搅拌15s；

[0071] (4) 加入胺类化合物，搅拌混合15s；

[0072] (5) 加入外层固化剂，混合搅拌40s；

[0073] (6) 加入剩余的自制减阻剂，混合搅拌30s；出锅，得到支撑剂材料。

[0074] 实施例3

[0075] 采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法，包括以下步骤：

[0076] (1) 利用高压泵车以1.5立方每分钟的排量将天然水泵入井下储层内进行压裂，形成初期裂缝；

[0077] (2) 在混砂机中持续加入河水作为携砂液，同时以3立方每分钟的排量加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液，混砂时间15s；自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为50%，混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y=118.35X^{0.1918}$ ；

[0078] (3) 形成初期裂缝后，利用高压泵车将携砂压裂液连续泵入初期裂缝中，使初期裂缝延伸，形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。

[0079] 本实施例中是使用的自悬浮清水压裂支撑剂包括以下质量份数的原料：骨料100份、外层树脂2份、第一树脂2份、第一固化剂1份、外层固化剂1.5份、外层催化剂0.015份、胺类化合物0.3份、外购减阻剂1.2份。其中骨料选用30/50石英砂，外层树脂选用丙三醇聚合物、第一树脂选用环氧树脂，第一固化剂选用113D、外层固化剂选用异佛尔酮二异氰酸酯，外层催化剂选用三丁基锡，胺类化合物选用三乙烯四胺，外购减阻剂选用氧化石蜡皂。

[0080] 该支撑剂材料采用以下方法制备得到：

[0081] (1) 将骨料加热到188℃，加入第一树脂和第一固化剂，混合搅拌18s；

[0082] (2) 加入外层树脂和外层催化剂，混合搅拌20s；

[0083] (3) 加入胺类化合物，搅拌混合15s；

[0084] (4) 加入外层固化剂，混合搅拌30s；

[0085] (5) 加入外购减阻剂，混合搅拌30s，出锅，得到支撑剂材料。

[0086] 实施例4

[0087] 采用自悬浮清水压裂支撑剂的施工方法，包括以下步骤：

[0088] (1) 利用高压泵车以3立方每分钟的排量将天然水泵入井下储层内进行压裂，形成初期裂缝；

[0089] (2) 在混砂机中持续加入地层水作为携砂液，同时以2.5立方每分钟的排量加入自悬浮清水压裂支撑剂搅拌混合制成携砂压裂液，混砂时间10s；自悬浮清水压裂支撑剂与携砂液的砂水体积比为53%，混砂速度Y与砂水体积比X的关系控制在 $Y=118.35X^{0.1918}$ ；

[0090] (3) 形成初期裂缝后,利用高压泵车将携砂压裂液继续泵入初期裂缝中,使初期裂缝延伸,形成被自悬浮清水压裂支撑剂支撑的地质裂缝。

[0091] 本实施例中是使用的自悬浮清水压裂支撑剂包括以下质量份数的原料:骨料100份、外层树脂1.5份、第一树脂2份、第一固化剂0.8份、外层固化剂1份、外层催化剂0.01份、胺类化合物0.2份、外购减阻剂0.8份。其中骨料选用70/140石英砂,外层树脂选用丙二醇聚合物、第一树脂选用环氧树脂,第一固化剂选用T31、外层固化剂选用亚甲基二苯基二异氰酸酯,外层催化剂选用二月桂酸二丁基锡,胺类化合物选用乙胺,外购减阻剂选用N-十二烷基三甲基硅烷。该支撑剂材料采用以下方法制备得到:

[0092] (1) 将骨料加热到195℃,加入第一树脂和第一固化剂,混合搅拌20s;

[0093] (2) 加入外层树脂和外层催化剂,混合搅拌20s;

[0094] (3) 加入胺类化合物,搅拌混合15s;

[0095] (4) 加入外层固化剂,混合搅拌30s;

[0096] (5) 加入外购减阻剂,混合搅拌40s,出锅,得到支撑剂材料。

[0097] 对实施例1-4制备得到的自悬浮清水压裂支撑剂进行测试,测得的本支撑剂的性能指标如表1:

[0098] 表1

试验组		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4
[0099]	支撑剂在携砂液中的悬浮时间 (h)	>4h	>4h	>4h	>4h
	支撑剂在携砂液中的悬浮比 (%)	>14	>11	>16	>20
	支撑剂在携砂液中的沉床高度 (mm)	>37	>36	>38	>42
	支撑剂与携砂液混合后的减阻率 (%)	58	52	49	46
[0100]	酸溶解度 (%)	4.1	3.9	3.7	3.6
	52mp 破碎率 (%)	4.6	4.2	3.5	3.7
	自悬综合指数 (g/cm ³)	0.95	1.09	0.77	0.69

[0101] 1、在本次测试中,携砂液选用的是河水。

[0102] 2、悬浮时间指的是支撑剂在携砂液中能自由悬浮的最长时间。

[0103] 3、悬浮比是评价支撑剂在携砂液中上层悬浮量占总的支撑剂的百分比。

[0104] 试验中我们采用支撑剂与携砂液的质量比为1:4的情况进行评价。实验方法是在

300ml的广口瓶中,用量筒量取200ml携砂液倒入广口瓶中,准确称量50g支撑剂倒入装了携砂液的广口瓶中,盖上盖子,上下用力摇动30次,静止10分钟后,按照同样的方法上下用力摇动30次,静止后用滤纸过滤出上层悬浮的支撑剂,烘干后称量过滤出来的支撑剂的质量为m(g),悬浮比 $b=m/50*100\%$ 。

[0105] 4、沉床高度是20g支撑剂在装有100ml携砂液的100ml量筒中的下层高度。

[0106] 由于实验室只能做静止的悬浮实验,所以下层的沉床高度也是评价悬浮性能的一项重要指标。实验中用100ml的塑料量筒装100ml携砂液,准确称量20g支撑剂倒入装了携砂液的量筒中,用右手紧捂住量筒口,左手拿起量筒上下轻轻倒转10次,静止10分钟后,按照同样的方法上下倒转10次,静止后有游标卡尺量出下层支撑剂的床层高度。

[0107] 5、自悬综合指数是评价覆膜支撑材料在清水中悬浮性能的综合指标,由沉床高度和悬浮比共同决定,其工程意义是覆膜支撑材料在清水中的实际堆积密度,其值越小相当于在水中的相对密度就越小,那么覆膜支撑材料的悬浮性就越好,悬浮时间越长。

[0108] 自悬综合指数 $Z_z = \frac{(1-b)*20}{(h/10)*5.3}$ (b为悬浮比、h为沉床高度)

[0109] 结论:

[0110] (1)从表1数据可以看出,实施例1-4应用的自悬浮清水压裂支撑剂的悬浮时间都大于4小时,悬浮比均大于10%,支撑剂材料在上层都有一定量的悬浮着的支撑剂,支撑剂悬浮性好,因此在压裂施工时,不需在携砂液中额外添加高分子增稠剂等有机分子,降低施工成本的同时也有效降低了压裂施工对储层的伤害。

[0111] (2)从表1数据看出,支撑剂与携砂液混合后的减阻率均大于40%,该体系本身即具备良好的减阻性能。