

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 33/138 (2006.01)

E21B 43/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01812458.5

[45] 授权公告日 2008 年 6 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 100396880C

[22] 申请日 2001.7.9 [21] 申请号 01812458.5

[30] 优先权

[32] 2000.7.7 [33] US [31] 09/612,208

[86] 国际申请 PCT/EP2001/007905 2001.7.9

[87] 国际公布 WO2002/004784 英 2002.1.17

[85] 进入国家阶段日期 2003.1.7

[73] 专利权人 索菲泰克公司

地址 比利时布鲁塞尔

[72] 发明人 西蒙·G·詹姆斯

埃里克·B·尼尔森

弗雷德里克·J·吉奥特

[56] 参考文献

US5981447A 1999.11.9

US3857443A 1974.12.31

CN1058036A 1992.1.22

US4070865A 1978.1.31

US4649999A 1987.3.17

审查员 焦红芳

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 张平元 封新琴

权利要求书 6 页 说明书 13 页

[54] 发明名称

对地下储层进行胶结或对砾石充填进行修补的方法

[57] 摘要

本发明公开了一种对地下储层进行胶结或对砾石充填进行修补的方法，该方法包括：(i) 提供一种胶结流体，其中，该胶结流体含有凝胶组分和凝胶形成剂；(ii) 在凝胶组分形成柔性凝胶的条件下，把所说的胶结流体注入到储层内或注入到砾石充填内，从而对储层进行胶结。

1、 一种在井筒内修补堵塞的砾石充填的方法，包括提供一种胶结流体，其中，该胶结流体含有凝胶组分和凝胶形成剂，其中所述凝胶组分具有从10000达因/平方厘米至150000达因/平方厘米的储能模量(G')；在所说的胶结流体形成一种柔性凝胶条件下，把所说的胶结流体通过井筒注入到砾石充填内，从而胶结砾石充填；并对已被胶结的砾石充填进行射孔。

2、 根据权利要求1所述的方法，其中，所说的凝胶组分是水溶性聚合物。

3、 根据权利要求2所述的方法，其中，所说的凝胶组分是选自：聚乙烯聚合物，聚丙烯酰胺，丙烯酰胺共聚物或三元共聚物，丙烯酸-甲基丙烯酰胺共聚物，部分水解的聚丙烯酰胺，聚甲基丙烯酰胺，部分水解的聚甲基丙烯酰胺，纤维素醚，多聚糖，杂多糖，木素磺化盐，聚环氧烷烃，羧基纤维素，羧基烷基羟乙基纤维素，羟乙基纤维素，半乳甘露聚糖，取代的半乳甘露聚糖，前述物质的铵盐或碱金属盐，木素磺化的碱土盐，或它们的混合物。

4、 根据权利要求2所述的方法，其中，所说的凝胶形成剂是有机或无机的交联试剂。

5、 根据权利要求3所述的方法，其中，所说的凝胶形成剂是有机或无机的交联试剂。

6、 根据权利要求4所述的方法，其中，所说的凝胶组分是聚丙烯酰胺，所说的凝胶形成剂含有铬III/羧酸盐复合物。

7、 根据权利要求5所述的方法，其中，所说的凝胶组分是聚丙烯酰胺，所说的凝胶形成剂含有铬III/羧酸盐复合物。

8、 根据权利要求1所述的方法，其中，凝胶组分是水溶性的可聚合的单体。

9、 根据权利要求8所述的方法，其中，凝胶组分是选自：丙烯酸，丙烯酰胺，甲基丙烯酸，甲基丙烯酰胺，羟乙基丙烯酸盐，马来酸，二烯丙基二甲基氯化铵，亚甲基双丙烯酰胺，尿素，乙烯基乙酸，苯乙烯磺酸，以及它们的盐，或它们的混合物。

10、根据权利要求1至9之一所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

11、根据权利要求10所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

12、根据权利要求1至9之一所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

13、根据权利要求10所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

14、根据权利要求11所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

15、一种对井筒所穿过的地下储层进行胶结的方法，包括以下步骤：
(i)提供一种胶结流体，其中，该胶结流体含有凝胶组分和凝胶形成剂，其中所述凝胶组分具有从10000达因/平方厘米至150000达因/平方厘米的储能模量(G')；(ii)在所说的胶结流体形成一种柔性凝胶条件下，把所说的胶结流体通过井筒注入到储层内，从而实现了对储层的胶结。

16、根据权利要求15所述的方法，其中，所说的井筒安装有过滤网。

17、根据权利要求15所述的方法，其中，所说的井筒安装有砾石充填。

18、根据权利要求15所述的方法，其中，所说的凝胶组分是水溶性聚合物。

19、根据权利要求16所述的方法，其中，所说的凝胶组分是水溶性聚合物。

20、根据权利要求17所述的方法，其中，所说的凝胶组分是水溶性聚合物。

21、根据权利要求18-20之一所述的方法，其中，所说的凝胶组分是选自：聚乙烯聚合物，聚丙烯酰胺，丙烯酰胺共聚物或三元共聚物，丙烯酸-甲基丙烯酰胺共聚物，部分水解的聚丙烯酰胺，聚甲基丙烯酰胺，部分水解的聚甲基丙烯酰胺，纤维素醚，多聚糖，杂多糖，木素磺化盐，聚环氧烷烃，羧基纤维素，羧基烷基羟乙基纤维素，羟乙基纤维素，半乳甘露聚糖，取代的半乳甘露聚糖，前述物质的铵盐或碱金属盐，木素磺化的碱土盐，或它们的混合物。

22、根据权利要求18-20之一所述的方法，其中，所说的凝胶形成剂是有机或无机的交联试剂。

23、根据权利要求21所述的方法，其中，所说的凝胶形成剂是有机或无机的交联试剂。

24、根据权利要求22所述的方法，其中，所说的凝胶组分是聚丙烯酰胺，所说的凝胶形成剂含有铬III/羧酸盐复合物。

25、根据权利要求23所述的方法，其中，所说的凝胶组分是聚丙烯酰胺，所说的凝胶形成剂含有铬III/羧酸盐复合物。

26、根据权利要求15所述的方法，其中，凝胶组分是水溶性的可聚合的单体。

27、根据权利要求16所述的方法，其中，凝胶组分是水溶性的可聚合的单体。

28、根据权利要求17所述的方法，其中，凝胶组分是水溶性的可聚合的单体。

29、根据权利要求26-28之一所述的方法，其中，凝胶组分是选自：丙烯酸，丙烯酰胺，甲基丙烯酸，甲基丙烯酰胺，羟乙基丙烯酸盐，马来酸，二烯丙基二甲基氯化铵，亚甲基双丙烯酰胺，尿素，乙烯基乙酸，苯乙烯磺酸，以及它们的盐，或它们的混合物。

30、根据权利要求15-20之一所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

31、根据权利要求21所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

32、根据权利要求22所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

33、根据权利要求23所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

34、根据权利要求24所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

35、根据权利要求25所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

36、根据权利要求26-28之一所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

37、根据权利要求29所述的方法，还包括把压裂液注入到已被胶结的储层，以便形成被压裂了的储层。

38、根据权利要求30所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

39、根据权利要求31所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

40、根据权利要求32所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

41、根据权利要求33所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

42、根据权利要求34所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

43、根据权利要求35所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

44、根据权利要求36所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

45、根据权利要求37所述的方法，其中，所说的压裂液含有支撑剂和支撑剂保持剂。

46、根据权利要求15至20之一所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

47、根据权利要求21所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

48、根据权利要求22所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

49、根据权利要求23所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

50、根据权利要求24所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

51、 根据权利要求25所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

52、 根据权利要求26-28之一所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

53、 根据权利要求29所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

54、 根据权利要求30所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

55、 根据权利要求31所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

56、 根据权利要求32所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

57、 根据权利要求33所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

58、 根据权利要求34所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

59、 根据权利要求35所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

60、 根据权利要求36所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

61、 根据权利要求37所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

62、 根据权利要求38所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

63、 根据权利要求39所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

64、 根据权利要求40所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

65、 根据权利要求41所述的方法，还包括对已被胶结的储层进行射孔，以便形成射孔的储层。

66、根据权利要求42所述的方法,还包括对已被胶结的储层进行射孔,以便形成射孔的储层。

67、根据权利要求43所述的方法,还包括对已被胶结的储层进行射孔,以便形成射孔的储层。

68、根据权利要求44所述的方法,还包括对已被胶结的储层进行射孔,以便形成射孔的储层。

69、根据权利要求45所述的方法,还包括对已被胶结的储层进行射孔,以便形成射孔的储层。

对地下储层进行胶结或对砾石充填进行修补的方法

技术领域

本发明涉及为了减小颗粒流入井筒内而对含烃岩层的胶结。这种胶结是通过把柔性凝胶系列物质注入到储层内来进行的。

背景技术

穿过含烃储层钻进一井眼，就可以从地下的地质层组(即储集层)中获得烃类物质(油，天然气，等)。这就为烃类物质提供了流到地面的部分流通过径。为了对所说的烃类物质进行“开采”，使烃类物质从储层流向井筒(最终流向地面)，就必须具有从储层到井筒的未被充分阻碍的流通过径。该流通过径流过储层岩石，例如沙岩，碳酸盐，这些岩石具有一些孔，这些孔具有足够大的尺寸，足够的连通性，足够的数目，从而能提供可让烃类物质经过储层流动的通道。

当从一井眼中开采烃类物质时，一些储层颗粒会随着烃类物质从储层流经井筒，并流到地面。在一些包括沙子、沙岩、白垩或石灰石的松软储层中，是很有可能存在一些储层颗粒的。颗粒随着烃类物质一起流动是很不利的。颗粒流经井筒会侵蚀井筒内和地面上的设备，从而导致需要对这些设备进行更换。在对烃类物质进行加工之前，必须得把所采出的烃类物质中所含的颗粒除去。此外，颗粒会驻留在井筒内，使烃类物质的流出量大大减小，甚至会完全停止。

减少储层颗粒流入井筒的一种方法就是使用砾石充填(gravel pack)。通常，在井筒套管周围放置一过滤网。然后，在该过滤网与套管之间填入砂砾。砾石充填也能用于裸露井眼(即，没有套管的井筒)，或者是，在不采用砾石充填的情况下也能使用过滤网。放置高于储层破裂压力的砂砾可以被称作“压裂充填”。随着从储层中进行开采烃类物质，这些烃类物质在流入井筒之前先流过砾石充填和/或过滤网。砾石充填和/或过滤网能阻止颗粒的流过，但在正常情况下基本上不会阻碍烃类物质的开采。然而，放置砾石充填和过滤网需要专门的设备，砾石充填和过滤网会造成机械限制，会使机械设备被

堵塞，或者因颗粒的流动而使机械设备被侵蚀。因此，希望具有一种用于在未胶结的储层中进行完井的方法，这种方法不使用砾石充填或不使用过滤网，或者是两者都不采用。

另一种方法涉及通过注入含有诸如树脂的胶结流体来对储层进行胶结。传统的胶结流体，例如注册商标为SANDLOCK的系列物质(Schlumberger)，含有：树脂，可选择的固化剂，催化剂，以及油湿润剂。当把这种传统的胶结流体注入储层时，树脂(与硬化剂和催化剂相互作用，如果有的话)就会硬化，把储层胶结到一种刚硬状态，并减小储层颗粒的浓度。这些系列物质被设计成能保持储层的渗透性，以便允许对烃类物质进行开采。在美国专利US5806593，US5199492，US4669543，US4427069，US4291766中公开了一些胶结流体以及这些胶结流体的用途。在美国专利US5712314中描述了用于控制水的柔性呋喃树脂系列物质。

然而，传统的胶结流体具有众多的缺陷。其中一个缺陷是利用树脂的硬化对地下的储层进行胶结时固有的缺陷：因为被胶结的储层受到来自周围储层的大量的应力，因此树脂最好能向储层提供一个非常大的耐压强度。在实验室中通过对这种经过胶结流体处理过的储层样本的非限制性耐压强度(UCS)进行测量，就可以测定出这个被增大的耐压强度。如果被胶结储层的耐压强度没有足够大，那么，刚硬的被胶结的储层会发生破碎，这种破碎又会产生沙子，这种结果是很不利的。

当把大量的流体注入到储层内以便提供足够大的耐压强度时，传统的胶结流体的其它一些缺陷就会变得很明显。增大所说的耐压强度，就需要很复杂的处理进程。增大树脂的浓度通常是不利的，因为树脂相当昂贵，并且还会造成环境污染。

因此，希望有这样一种胶结流体，一旦把这种胶结流体用于对储层进行胶结，这种胶结流体会使得储层发生破碎的可很性很小。此外，还希望能够以一种简单的，最好是以单一的处理步骤就能注入胶结流体。还希望胶结流体所含的物质是一些相当便宜的且符合环保要求的物质。

在转让给了Unocal的美国专利US5246073，US5335733，US5486312，US5617920中描述了一种流体，这种流体含有：聚乙烯聚合物，聚甲基丙烯酰胺，纤维素醚，多聚糖，木素磺化盐，前面所述物质的铵盐或碱金属盐，或木素磺化碱土盐；交联试剂，例如，醛(aldehyde)，二醛，苯酚，取代苯酚，

醚，多价金属，螯合的多价金属，或能产生多价金属的化合物。这种流体中的一种可以从市场上购得，其商标为“OrganoSEAL-R”。这些参考文献给出了这样的教导，即，这种流体能被用于对井筒进行密封，以便防止被来自井筒穿过的含水储层中的水所污染。

在转让给了Marathon Oil公司的美国专利US4683949中描述了一种流体，这种流体含有聚丙烯酰胺和铬III/羧酸盐复合物交联试剂。这种流体在市场上可以购买到，其商标为“MARASEAL”。这些参考文献也可给出了这样的教导，即，这种流体能被用于对井筒进行密封，以便防止被来自井筒穿过的含水层中的水所污染。

在Zeltmann等人的被转让给了Halliburton Energy Services公司的美国专利US6047773中，公开了使用粘性流体，例如使用含有羟乙基纤维素，瓜耳胶(guar)，或丙烯酸的流体，以便占据井筒，从而形成阻止激励流体进入储层的阻挡层。这种粘性的阻挡层本身并不渗透储层。

在美国专利US6011075中，描述了一种用于增大柔性凝胶的储能模量G'同时保持柔性的方法。

发明内容

本发明涉及一种胶结地下储层的方法，包括以下步骤：(i)提供一种胶结流体，其中，该胶结流体含有一凝胶组分和一凝胶形成剂；(ii)在胶结流体形成一柔性凝胶的状态下把胶结流体注入到储层内，从而对储层进行胶结。

在另一个实施例中，本发明涉及一种对堵塞的砾石充填或压裂充填进行修补的方法。这种方法包括：(i)提供上述的一种胶结流体，(ii)在胶结流体形成一种柔性凝胶的状态下把胶结流体注入砂砾中，从而对所说的砂砾进行胶结。于是，就能在发生破裂之后，穿过过滤网和胶结的砂砾然后进入储层进行射孔。

根据本发明的处理方法还可以包括以下步骤：把一压裂液(fracture fluid)注入胶结的储层内，最终进入到已被胶结的砾石充填内，从而形成一种破裂储层。本发明的方法还可包括以下步骤：对已被胶结的储层进行射孔，以便形成一射孔的储层。于是，这种破裂的或射孔的储层就能开采出烃类物质。

本发明的优点有：形成胶结的储层，并且破裂的可能性小。这种破裂的可能性小是由于利用柔性凝胶作为胶结剂的缘故。尽管在本行业中已知的一

些胶结流体都是通过增大储层的强度来尽力避免已被胶结的储层发生破裂，然而，根据本发明所采用的柔性凝胶却使储层强度增大很小。相反，本发明中是利用凝胶的柔性使得胶结储层发生破裂的可能性小。此外，本发明的胶结流体可以按照一种简单的处理进程被注入。总地来说，形成所说柔性凝胶的一些凝胶组分是相当便宜的，并且还符合环保要求。

具体实施方式

胶结流体的组分

虽然在这里把本发明中的组合物描述成包括一些物质，但是，应当知道，所说的组合物可以可选择性地含有两种或更多种不同的化学物质。例如，组合物可含有两种或更多种凝胶组分，交联试剂，或其它一些添加剂的混合物，只要混合物中的化合物能适合把所形成的合成物用作胶结流体即可。

胶结流体是以一种水溶液为基础的。这种溶液可包括：缓冲剂，pH控制剂，和用于提高稳定性或提高流体的功能性的各种其它添加剂。

可用于本方法中的胶结流体含有一种凝胶组分。在这里，术语“凝胶组分”是一种至少在一些井下条件下能形成一种柔性凝胶的化合物。如果凝胶组分是一种聚合物，那么，柔性凝胶是由这种聚合物的交联形成的，优选地是呈三维网状结构。如果凝胶组分是一种单体，那么，柔性凝胶是通过聚合而形成的，优选地是形成一种三维聚合物网状结构。

在本申请中，“柔性凝胶”是一种在对储层进行胶结之后基本上呈非刚硬性的凝胶。利用下面任何一种或多种技术就能确定凝胶的非刚硬性。非刚硬性的凝胶是这样一种凝胶，即，这种凝胶在受到至少约10%，优选地是至少约25%，更优选地是约大于50%的线性应力的压缩之后会基本上回复到起始状态。(在很小的范围上可能会产生微小的永久变形)。根据标准规程进行测定时，用柔性凝胶胶结的松软沙子(40-60 U.S.网孔)的非限制性耐压强度(UCS)通常为约2磅/平方英寸(psi)至约400磅/平方英寸，优选地是约2磅/平方英寸至约50磅/平方英寸。(应当注意，柔性凝胶本身的非限制性耐压强度通常小于约5磅/平方英寸)。根据在美国专利US6011075中所给出的标准规程进行测量，柔性凝胶的储能模量G'通常为约150达因/平方厘米至约500,000达因/平方厘米，优选地是从约1000达因/平方厘米至约200,000达因/平方厘米，更优选地是从约10,000达因/平方厘米至约150,000达因/平方厘米。

这种柔性凝胶的另一个特征就是：这种凝胶显著地减小了储层或砾石充填的渗透性，这就是说减小渗透性至少约90%，优选地是至少约95%，更优选地是至少约99%。

能够形成柔性凝胶的凝胶组分包括下列示例性的水溶性聚合物，共聚物，或三元共聚物：聚乙烯聚合物(例如聚乙烯醇或聚乙酸乙烯酯)，聚丙烯酰胺，丙烯酰胺共聚物和三元共聚物，丙烯酸一甲基丙烯酰胺共聚物，部分水解的聚丙烯酰胺，聚甲基丙烯酰胺，部分水解的聚甲基丙烯酰胺，纤维素醚，多聚糖，杂多糖，木素磺化盐，聚环氧烷烃，羧基纤维素，羧基烷基羟乙基纤维素，羟乙基纤维素，半乳甘露聚糖，取代的半乳甘露聚糖，前述物质的铵盐或碱金属盐，以及其中的木素磺化盐的碱土盐。

能被用作凝胶组分的示例性的水溶性可聚合单体包括：丙烯酸，丙烯酰胺，甲基丙烯酸，甲基丙烯酰胺，羟乙基丙烯酸盐，马来酸，二烯丙二甲基氯化铵，亚甲双丙烯酰胺，尿素，乙烯基乙酸，苯乙烯磺酸，以及它们的盐，或它们的混合物。这里的列举并不是穷举。

在胶结流体中，聚合的凝胶组分的浓度为该凝胶组分所占重量比为约1%至约10%，优选地是约4%至约8%，更优选地是约5%至约7%。单体凝胶组分的浓度为该单体凝胶的重量比为约2%至约60%，优选地是约5%至45%，更优选地是约15%至30%。

这种胶结流体还含有：凝胶形成剂。所称的“凝胶形成剂”是指至少在一些井下条件下有助于使凝胶组分形成柔性凝胶的化合物或混合物。如果凝胶组分是聚合物的话，那么，凝胶形成剂优选地是交联试剂，即，能把聚合物分子进行交联以便形成三维网络。例如，有机交联试剂包括：醛，二醛，苯酚，取代苯酚，醚。但有机交联试剂并不局限于所列举的这些。无机交联试剂的例子包括：多价金属，螯合的多价金属，或能产生多价金属的化合物。但无机交联试剂并不局限于所列举的这些。

如果凝胶组分作为单体提供，那么优选地是，凝胶形成剂能够把单体进行交联，或对单体的聚合进行催化，以便形成三维网络。

胶结流体中，凝胶形成剂的浓度通常为重量比约0.001%至约5%，优选地是约0.005%至约2%，更优选地是约0.01%至约1%。

可选择的方案是，如果凝胶组分是单体，并且选用凝胶形成剂来对该单体进行交联，那么，胶结流体还可含有水溶性引发剂，以便起动所说的交联

反应。例如，引发剂包括：氧化剂，诸如过硫酸铵；或偶氮化合物，诸如2,2'-偶氮双(2-脒基丙烷)二氢氯化物等。以重量比计，引发剂的浓度为约0.0001%至约5%。可选择地是，可以加入一些用于加速或放慢引发作用的试剂，例如铁氰化钾。

优选地是，直到胶结流体被注入到储层之后，这些胶结流体才形成凝胶。在注入之前，胶结流体是一种可流动的溶液，这种可流动的溶液能被容易地泵送，也能被进行其它的处理。为了防止胶结流体凝固，直到把胶结流体注入到储层内，优选地是，胶结流体是在要注入储层之前形成的。通常，凝胶形成剂是在后面的形成过程期间被加入到初生的胶结流体中最后的成分。此外，也可以采用另外的方法来防止注入前发生凝固，例如，把凝胶组分和凝胶形成剂分开；添加阻凝剂，当暴露于井下条件时，这些阻凝剂会容易地降解掉；或者是，利用一种由温度引发的反应。无论采用哪一种方法，都要求在注入之后，允许容易地进行凝固，例如，在井下温度下，使乳化剂相对于储层表面发生溶解(strip)，或使阻凝剂发生降解。如果通过在要使用之前制备胶结流体的方法来阻止过早凝固，那么，通常在注入之后将会容易地进行凝固。

胶结流体还可含有：稳定剂，表面活性剂，导流剂，或其它添加剂。

在井下中形成柔性凝胶之后，可加入稳定剂来减慢柔性凝胶的降解。稳定剂通常包括：缓冲剂，尤其是能够在pH约为8.0或更大的情况下能够缓冲的试剂(例如，水溶性碳酸氢盐，碳酸盐，磷酸盐，或它们的混合物，等)；螯合试剂(例如，乙二胺四乙酸(EDTA)，氨基三乙酸(NTA)，或二亚乙基三胺五乙酸(DTPA)，羟基乙基亚乙基二胺三乙酸(HEDTA)，羟基乙基亚氨基二乙酸(HEIDA)，等)。被加入到胶结流体中的缓冲剂的重量比通常至少约0.05%，优选地是至少约0.75%。在井下环境中会遇到的情况是，被加入到胶结流体中的螯合试剂通常至少约0.75摩尔/摩尔金属离子，优选地是至少约0.9摩尔/摩尔金属离子。

可以加入表面活性剂以便促进胶结流体组分的扩散或乳化，或者是在井下形成柔性凝胶时使柔性凝胶起泡沫。可采用的表面活性剂包括：烷基聚环氧乙烷硫酸盐，烷基醇胺硫酸盐，改性醚乙醇硫酸钠盐，或钠月桂基硫酸钠，等。被加入到胶结流体中的表面活性剂的重量比通常约0.01%至约10%，优

选地是约0.1%至约2%。通常，在即将注入之前把表面活性剂加入到胶结流体中。

可加入导流剂，以便当处理渗透性不均匀的区域时，改善胶结流体穿透较低渗透性区域的渗透性。在进行储层处理的应用场合中，采用导流剂是已知的，例如，在《储集层增产措施》(Reservoir Stimulation)第三版，M. Economides 和K. Nolte, 第19.3部分中就给出了一些导流剂。导流剂能被容易地在一个处理阶段被使用，而不是在多个处理阶段被使用。

胶结流体的注入

在制备胶结流体之后，就能把胶结流体注入到储层内，以便对至少一部分储层进行胶结。这部分储层在这里可以被称作“处理区域”。如果储层的一部分或全部(即，储层的一部分或全部储层是“处理区域”)已用胶结流体进行了胶结并且形成了一种柔性的凝胶，那么储层就被胶结了。优选地是，至少在由井筒周围0.5英尺的半径的处理区域的整体高度所形成的体积范围内形成柔性凝胶。

胶结流体通过井筒部分被注入到处理区域内，井筒部分可以是裸眼井(即没有套管)，也可以被事先安装套管。如果井筒被安装了套管，那么有利的情况是在注入胶结流体之前对套管进行射孔。可选择的方案是，井筒已被事先安装一过滤网。如果井筒已安装了一过滤网，那么，井筒还可以事先安装一砾石充填，放置的砾石充填可选择地高于储层破裂压力(即压裂充填)。

在现有技术中，注入胶结流体的技术是已知的。通常，以小于储层破裂压力的压力把胶结流体通过井筒注入到储层内。需要胶结的储层包括：沙土，沙岩，白垩，石灰岩等。通常，胶结流体在低于储层破裂压力下被注入。胶结流体适合用于所有类型的储层。

被注入到储层内的胶结流体的体积量是被处理的储层孔隙容积量和胶结流体渗透储层的能力的一个函数。本领域普通技术人员可以方便地确定出要被注入的胶结流体的体积量。作出一种指导原则，要被处理的储层体积与期望被处理的区域的高度和渗透的期望深度有关。优选地是，从井筒沿径向渗透到储层内的渗透深度至少约0.5英尺。更优选地是，沿径向渗透到储层内的渗透深度至少约1英尺。胶结流体渗透储层的能力取决于储层的可渗透性以及胶结流体的粘度。如果在要注入之前制备胶结流体，或者阻止胶结流体凝固直到被注入之后，那么，胶结流体的粘度通常足够低，从而并不减慢胶

结流体渗透到储层内的渗透速度。在低渗透性的储层中，优选地是采用基于单体的胶结流体，这是因为基于单体的系列物质所具有的粘度通常低于基于聚合物的系列物质的粘度。

可以利用封隔器或类似装置来控制使胶结流体流入期望被胶结的储层内。

能采用的最小注入速度和最大注入速度是井下凝固速度的函数；不会导致储层破裂的最大压力，如果有关的话；以及设备限制的一个函数。优选地是，凝固速度足够慢，以便可以把期望体积量的胶结流体完全注入到储层内，但是凝固速度又足够快，以便在注入之后可以迅速凝固，并减小执行这种胶结方法所花的时间。

在胶结流体渗透储层之后，胶结流体就发生凝固，从而使得凝胶组分被交联或被聚合，因为适当地提供了一些凝胶组分和凝胶形成剂。在每种情况中，所形成的柔性凝胶含有三维联接。尽管不受理论方面的制约，但是可以相信储层是通过沙粒与柔性凝胶的微观结构相粘接，或通过那些充填在孔隙空间内的柔性凝胶对沙粒进行捕获而实现对储层进行胶结的。被柔性凝胶胶结的储层是柔性且可发生变形，并且具有较低的非限制性抗压强度。

与现有技术中的采用固化树脂来进行胶结的方案相比，这种利用柔性凝胶来对储层进行胶结的方案具有许多的优点。第一个优点是，由于经胶结的储层能承受大的应力，因此，经胶结的储层发生破裂时如果会产生沙粒的话也只产生很少的沙粒；即使在储层破裂成碎块的情况下，在碎块之间所形成的破裂处附近的大部分沙粒也会被粘附到柔性凝胶基质上或被柔性凝胶基质所容纳。

第二个优点是，经胶结的储层是相对地不能渗透。虽然这意味着必须得采用压裂或射孔步骤，以便可以通过井筒开采出烃类物质，这还意味着储层中那些不与裂隙或射孔相连通的孔隙不会产生沙子。此外，采用压裂或射孔步骤，还使得无需利用过滤网来进行完井，从而会由于不需采用砾石充填和过滤网，也不需要那些用于安装砾石充填的装置，于是便可以节约成本。通常，这还可以增大井筒的生产能力。

对经胶结的储层进行压裂或射孔

在储层已被按照本发明中的方案进行过胶结之后，就使储层变得相对地不渗透，例如，使储层的渗透性减小至少约90%，更优选地是减小至少约95%，

最优选地是减小至少约99%。为了通过井筒把储层中的烃类物质开采到地面上来,对已被胶结的储层进行压裂或射孔,从而在地和井筒之间形成连通。

对于本领域普通技术人员来说,用于对地下储层进行水力压裂的技术是已知的,这种技术是把压裂液泵入到井筒内并流入周围储层。由于这种流体的压力高于岩层原(in situ)应力的最小值,从而在储层中形成裂隙或使裂隙延伸。为了在流体压力释放之后能保持储层中所形成的裂隙,压裂液可含有支撑剂(proppant),以便使所说的裂隙保持敞开,也可含有酸,这种酸能侵蚀裂隙表面从而形成一些孔,以便用于开采烃类物质。优选地是,压裂液含有支撑剂。

适用的支撑剂包括:沙子,铝矾土,玻璃珠,陶瓷珠,但并不限于所列举的这些。如果采用沙子,那么,沙子的大小通常为约8至约100U.S.标准网孔。也可以采用一些适合的支撑剂的混合物。在压裂液中支撑剂的浓度可以是本领域中已知的任何浓度,该浓度通常是在约0.5至约20ppa(加入的支撑剂的磅数)每加仑洁净流体。优选地是,压裂液包含支撑剂保持剂,例如,纤维,涂敷在支撑剂上的可硬化树脂,小板,可变形颗粒,或粘性的支撑剂涂层,以便把支撑剂颗粒捕获在裂隙中,防止这些颗粒通过井筒被采出。优选地是采用纤维或可硬化的涂有树脂的支撑剂。例如,在市场上可以购到一种商标为PropNET(Schlumberger)的支撑剂保持剂。支撑剂保持剂使支撑剂保持在裂隙中,支撑剂和支撑剂保持剂可防止储层颗粒被开采出来。

基于支撑剂的压裂液通常还含有粘化剂,例如一种可溶剂化的多聚糖或粘弹性的表面活性剂,以便使压裂液具有足够的粘性来输送支撑剂。可以用本领域中已知的其它粘化剂来代替上面所列举的两种粘化剂,或者是用本领域中已知的其它粘化剂与上面所列举的两种粘化剂一起使用。为了形成所要求的裂隙尺寸以及能够对支撑剂进行输送,就必须具有某个粘度。裂隙的宽度和长度会受到液粘度的影响。

在把压裂液泵送到井筒内期间,为了减小泵送所耗费的能量,最经济的方案是使流体具有尽可能低的粘度。另一方面,为了能够对支撑剂进行输送,又必须使流体具有某个粘度。本领域普通技术人员根据支撑剂和其它变量能够(通过加入可溶解的多聚糖或粘弹性表面活性剂)确定出需要增大到怎样的粘度才合适。

对已被胶结的储层进行射孔可以采用本领域中已知的一些技术来进行。其中一种射孔的方法是利用金属丝或光滑线把射孔枪下放到井筒内期望的深度，然后引爆射孔枪内的聚能炸药。从而利用这些聚能炸药就能形成穿过已被胶结的储层的孔洞。这些孔洞被称作射孔。射孔枪具有一些安装在基底上的聚能炸药。在美国专利US5816343中描述了一些射孔方案。为了防砂，本领域普通技术人员可以根据诸如在<石油工程师协会>(Society of Petroleum Engineers)中的文章SPE58788中所教导的已知技术，对射孔策略进行优化。

实施例

实施例1. 基于聚丙烯酰胺-聚合物的胶结流体的工作时间

在110华氏度至225华氏度的范围内，在不同浓度的聚丙烯酰胺，盐酸，乙酸，对-甲基苯磺酸(p-TSA)，和六亚甲基四胺(HMTA)的情况下，确定出基于聚丙烯酰胺的胶结流体的凝固时间。其结果如下：

温度 (°F)	聚丙烯酰胺 (重量%)	HCl (ppm)	乙酸 (ppm)	对一甲基苯 磺酸(ppm)	六亚甲基四胺(HMTA) (ppm)	工作时间 (分钟)
110	5%	10000	0	0	3000	30
110	5%	6000	0	0	3000	50
110	5%	10000	0	0	2000	37
110	5%	8000	0	0	2000	50
110	5%	6000	0	0	2000	65
130	5%	6000	0	0	2000	25
130	5%	8000	0	0	2000	25
130	5%	6000	0	0	3000	20
130	5%	8000	0	0	3000	20
130	5%	10000	0	0	2000	12
150	5%	3000	1000	0	2000	20
150	5%	0	5000	0	3000	262
150	5%	0	10000	0	4000	140
150	5%	0	15000	0	3000	124
150	5%	4000	0	0	3000	24
150	4%	0	0	10000	2000	50
150	5%	0	0	10000	2000	40
150	4%	0	0	10000	3000	76
175	5%	0	5000	0	3000	96
175	5%	0	4000	0	4000	41
175	5%	0	4000	0	2000	167
175	5%	0	4000	0	3000	95
175	5%	0	10000	0	3000	62
175	5%	0	3000	0	4000	120
175	5%	0	4000	0	4000	116
175	0%	0	3000	0	4000	64
175	0%	0	6000	0	3000	94

225	0%	0	6000	0	3000	25
200	0%	0	6000	0	3000	48
200	0%	0	5000	0	3000	60
200	0%	0	4000	0	4000	68
204	0%	0	4000	0	3000	66
201	0%	0	3000	0	3000	100

这些结果表明在典型储层温度的一个宽范围中，为了改变凝固时间以便在发生凝固前能顺利地把期望体积量的胶结流体完全注入，可对胶结流体的各种参数进行选择。

实施例2.利用基于聚丙烯酰胺的胶结流体来胶结松散的沙子

松散沙子混合物是利用：85%重量的100 - 270 US网孔砂；10%重量的砂[这种砂含35%重量的200 - 325 US网孔砂和65%重量的小于325 US网孔砂]；以及5%重量的高岭土滚动混合而成的。松散沙子被放置在每一端都具有微小网孔的橡胶套筒内，并被放置在芯部夹持器内，并被限制在1500磅/平方英寸的限制应力状态下。所采用的设备类似于在M. Economides和K. Nolte所编写的“储集层增产措施”第三版中图14.10所表示出的设备。松散沙子的样本大致是长度12英寸，直径为1.5英寸。

把凝胶胶结流体注入松散沙子内，注入的速度在1毫升/分钟和10毫升/分钟之间，所注入的凝胶胶结流体包含：5%重量的聚丙烯酰胺，0.3%重量的六亚甲基四胺(HMTA)，0.95%的乙酸。然后把样本的温度升高到150°F，从而使流体可以形成一种柔性凝胶。把样本冷却到室温，并从室(cell)中拆卸下来，然后把样本切割成约3英寸长的碎块。利用标准的程序对三碎块样本测量它们的非限制性抗压强度(UCS)。测出这三碎块样本的非限制性抗压强度为39磅/平方英寸，41磅/平方英寸，39磅/平方英寸。即使在ucs试验碎块破裂，也看不到破裂的迹象(裂纹，松散砂粒)。

实施例3.利用基于单体的胶结流体来胶结松散沙子

松散沙子混合物是利用：85%重量的100 - 270 US网孔砂；10%重量的砂[这种砂含35%重量的200 - 325 US网孔砂和65%重量的小于325 US网孔的砂]；以及5%重量的高岭土滚动混合而成的。松散沙子被放置在每一端都具有微小网孔的橡胶套筒内，并被放置在芯部夹持器内，并被限制在1500磅

/平方英寸的限制应力状态下。所采用的设备类似于在M.Economides和K.Nolte所编写的“储集层增产措施”第三版中图14.10所表示出的设备。松散沙子的样本大致是长度约6英寸，直径为1.5英寸。

把单体胶结流体注入松散沙子内，注入的速度在1毫升/分钟和10毫升/分钟之间，所注入的单体胶结流体包含：51.2%重量的二甲基二烯丙基氯化铵，0.49%重量的亚甲基二丙烯酰胺，0.12%重量的过硫酸铵，0.04%重量的铁氰化钾。然后把样本的温度升高到150°F，从而使流体可以形成一种柔性凝胶。把样本冷却到室温，并从室内拆卸下来，然后把样本切割成约3英寸长的碎块。利用标准的程序对两碎块样本进行测量它们的非限制性抗压强度(UCS)。测出这两碎块样本的非限制性抗压强度为20磅/平方英寸，15磅/平方英寸。即使在非限制性抗压强度测试中这些碎块破裂，也看不到破裂的迹象(裂缝，释放出沙粒)。

前面描述了本发明的一些具体的实施例，但是这些具体的实施例并未完全列举出本发明的所有可能的实施例。本领域普通技术人员可以对前面所描述的具体实施例作出一些改变，但是这些改变也位于本发明的范围之内。