

文章编号: 1000 0747(2005) 06 0072 03

纤维复合无筛管防细粉砂理论研究

周福建^{1,2}, 熊春明², 杨贤友², 张守良³, 宗贻平⁴,
李淑白², 李向东², 连胜江², 刘敏²

(1. 中国石油大学(华东); 2. 中国石油勘探开发研究院; 3. 中国石油天然气股份有限公司; 4. 中国石油青海油田公司)

基金项目: 国家“973”计划项目(2001CB209107)

摘要: 粉砂岩和泥质粉砂岩油气藏开发中出砂严重, 常规防砂技术效果很差。分析传统防砂工艺的不足, 针对细粉砂岩的特点, 提出防治细粉砂的总体思路为“解”、“稳”、“固”、“防”、“保”和“增”。用前置解堵液解除储集层损害, 用带正电荷支链的软纤维稳砂剂吸附细粉砂颗粒将其聚集成颗粒集合体来稳砂, 将硬纤维和涂层砂充填在水泥环外形成类似筛管作用的三维网状复合体, 达到无筛管防砂目的, 在裂缝端部脱砂压裂解除近井地带损害, 并改善原有渗流条件而增加产量。实验研究表明, 纤维可以使复合体的稳砂能力提高十几倍到几十倍。图3参8

关键词: 细粉砂; 纤维复合体; 无筛管防砂; 增产; 解除损害

中图分类号: TE358.1

文献标识码: A

为满足中国经济高速发展的需求, 类似青海涩北气田的一批防砂难度大、出砂严重的细粉砂岩油气藏也相继投入开发。出砂是阻碍这类油气藏高效开采的主要难题。一些常规的防砂技术均无法解决防细粉砂的问题^[1,2], 国内外有人针对防细粉砂提出一些防砂理论, 但都考虑得不够全面^[1,2]。笔者提出了采用纤维复合无筛管防细粉砂的概念, 并进行了纤维复合防细粉砂理论研究。

1 纤维复合防细粉砂概念的提出

防砂技术发展至今, 防细粉砂问题是一直没有解决的防砂难题之一, 一些常规的防砂工艺技术(如机械、化学、压裂防砂等)均不能达到预期的效果^[2,7]。从国内外防砂技术发展趋势和要求^[7,8]看, 未来的防砂技术要求: ①防砂与储集层保护相结合; ②防砂与储集层改造相结合, 即防砂的同时不仅不能降低产能, 并且要增加产能; ③使用无筛管防砂技术, 防砂作业井中不留工具, 节省成本, 方便将来的修井和重复防砂作业。因此, 需开拓思路研究新的具有针对性的防气井细粉砂理论与技术系统。

1.1 传统防砂工艺的不足^[2,7]

目前使用最为广泛的防砂方法为砾石充填防砂(占防砂井的90%), 为了保证防砂效果, 通常与筛管配合使用; 近年来发展的压裂充填防砂工艺^[2]也需与筛管配合使用, 才能达到较好的防砂效果。筛管增加了流体的附加阻力, 影响了防砂后油气井的产能, 并给以后修井和防砂作业带来隐患。就防细粉砂而言, 筛管

防砂的适应性差, 要么砂防住了气也不出了^[7], 要么防不住砂。还有, 传统防砂技术对储集层有一定的损害^[2], 如树脂固结化学防砂其表皮系数为6~22, 砾石管外充填防砂其表皮系数为8~33, 砾石管内充填防砂其表皮系数为15~40。

1.2 纤维复合防砂理论^[7]的提出

在对细粉砂储集层特征、国内外防治细粉砂技术及各种防砂方法的适应性做了大量分析调研后, 笔者提出了新的防砂理论——纤维复合防细粉砂。

根据细粉砂的特点和防砂发展的趋势与要求, 设计了纤维复合防砂总体思路为“解”、“稳”、“固”、“防”、“保”和“增”。具体讲是: ①使用有机酸液和压裂技术压开裂缝穿透储集层污染带, 来“解”除近井地带的损害。②使用含软纤维的处理液对储集层进行处理“稳”砂。软纤维是一种长链带辫状阳离子基团支链的聚合物, 将储集层的细粉砂通过电荷吸附聚集为一定粒径的较大颗粒, 以“稳”定储集层细粉砂颗粒。③纤维复合技术, 即利用纤维与树脂涂层将砂“固”结成三维网状复合体, 充填在压开的裂缝中阻挡储集层砂进入裂缝, 并充填在井筒水泥环周围形成三维网状复合体, 来“挡住”细粉砂, 因不用筛管防砂, 又称无筛管防砂。④使用端部脱砂(TOS)、储集层处理和纤维复合技术综合“防”砂。⑤使用清洁携砂液技术, 减少对储集层的损害, “保”护储集层。⑥使用TOS技术, 在储集层压开短、宽缝, 改善防砂后渗流条件, 达到“增”产目的。纤维复合综合防砂技术能达到增产与防止地层出砂的双重目的。

2 纤维复合防砂及增产原理

2.1 纤维复合防砂原理

纤维复合防细粉砂使用两种特殊纤维实现防砂, 一种是软纤维稳砂, 将细粉砂变成较大的细粉砂集合体, 另一种是硬纤维挡砂, 硬纤维与树脂砂形成复合体, 阻挡细粉砂进入井筒。软纤维是一种长链带支链的阳离子聚合物, 支链带有阳离子基团, 在水溶液中靠电性作用会自然展开。当其进入储集层后, 软纤维带正电支链将吸附储集层中的细粉砂, 使之成为较大的细粉砂颗粒的结合体, 降低了细粉砂的启动速率, 使细粉砂的临界流速增大, 有一定的稳砂固砂作用, 具有防细粉砂的功效。另一种是硬纤维, 它是一种特殊的防砂纤维, 利用特制硬纤维的弯曲、卷曲和螺旋交叉, 互相勾结形成稳定的三维网状结构(见图1), 将砂粒束缚于其中, 形成较为牢固的过滤体, 同时具有相当的渗透率, 从而达到防砂目的。

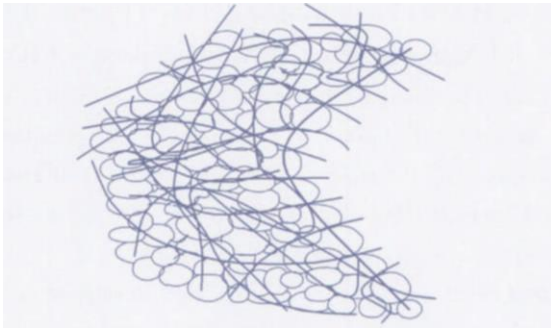


图1 硬纤维防砂原理示意图

对于出细粉砂严重的储集层, 如其为软泥砂岩, 因胶结性与成岩性差, 在压开地层时, 裂缝在沿最大主应力方向扩展的同时, 纤维树脂砂混合物充填在井眼周围形成环状充填带(见图2), 将井眼内所有射开的孔眼屏蔽住, 形成类似筛管的挡砂屏障, 起到与防砂筛管防砂的同样作用, 能有效地防细粉砂。由于纤维复合防砂技术不用筛管, 故又称该技术为无筛管防砂。

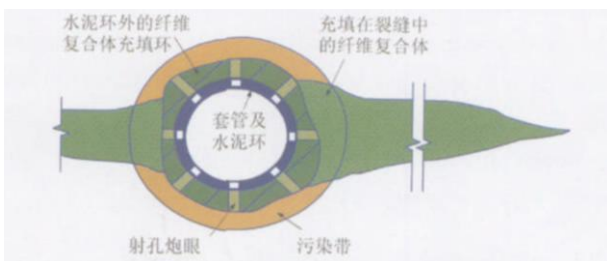


图2 纤维混合物充填在井眼周围形成的环示意图

2.2 纤维复合防砂增产原理

2.2.1 解除储集层原有的损害

储集层在钻井、完井、试气、修井等作业过程中不

可避免会受到一定程度的污染损害, 影响油气井的生产能力, 加剧储集层出砂。因此, 在研究纤维复合防砂技术中要考虑解除储集层的损害。

纤维复合防砂工艺技术系统中从两方面解决储集层污染损害问题。其一, 使用有机酸液处理储集层, 溶蚀储集层中的一些酸溶性矿物和外来侵入物, 改善储集层的渗透性, 以“解”除近井地带的部分污染; 其二, 使用端部脱砂压裂技术, 将储集层压开短而宽的缝, 纤维和支撑剂混合物充填其中, 形成高导流能力充填缝带。储集层的污染损害在近井带, 对于高渗透层而言, 污染损害带在3m以内, 端部脱砂压开的短缝远大于其污染损害半径, 穿透其污染损害带, 能够解除储集层原有的损害(见图2), 消除由于污染损害带来的近井地带污阻压降, 改善其渗流条件。

2.2.2 改善原有渗流条件

纤维复合防砂工艺技术系统中使用端部脱砂压裂技术, 将储集层压开裂缝, 增大了渗流面积, 使原来的径向流改善为拟线性流, 使生产压差分摊在地层深部较大范围内, 减小近井压力梯度, 降低了近井地带压降, 大大降低井眼周围单位面积上的气体流动速率, 改善油气的流动条件。解除近井地带损害, 可以大大减小近井压力梯度, 降低单位面积上的气体流动速率, 从而缓解或避免岩石骨架的破坏, 降低储集层的出砂程度, 达到增产与防止地层出砂的双重目的。

另外, 在井眼的周围充填形成的纤维复合体的渗透性较储集层原有渗透性要高得多, 同样改善了非裂缝带井眼周围的渗流条件(见图2)

3 纤维稳定砂体实验研究

通过砂体的坍塌实验研究纤维的稳定砂体能力, 并确定防砂纤维的临界浓度。设计了9组不同纤维浓度条件下砂体的稳定性实验, 实验结果见图3。

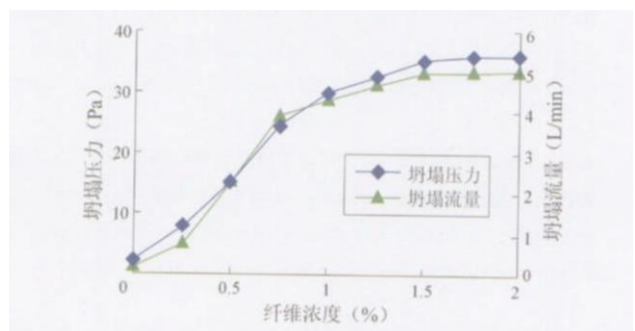


图3 纤维对砂体稳定能力实验结果图

本实验中使用的纤维为该课题研制的特殊防砂纤维。由图3可见, 浓度为1.5%的纤维复合体的坍塌流量是不含纤维砂体的15倍, 坍塌压力是其44倍。还可

以看出, 纤维浓度增大, 纤维复合体的稳砂性能增强, 在纤维浓度低于 1% 时, 纤维的浓度对砂体稳定性的影响基本为线性相关; 当纤维浓度大于 1.5% 时, 继续增加纤维的浓度, 复合体的稳砂性能基本不变。据此, 可以确定纤维复合体中的纤维的临界浓度为 1.5%。

4 结论

通过分析研究出砂严重的粉砂岩和泥质粉砂岩油气藏的防砂现状及目前传统防砂技术存在的问题, 提出了纤维复合无筛管防治细粉砂理论, 即用纤维复合无筛管通过“解”、“稳”、“固”、“防”、“保”和“增”防治细粉砂。根据实验研究, 防砂纤维和树脂涂层砂形成的稳定的三维网状结构牢固过滤复合体可起到与筛管同样的挡砂效果, 达到防砂目的, 可实现无筛管防砂。纤维可以使复合体的稳砂能力、导流能力提高十几倍到几十倍。

参考文献:

- [1] 万仁溥. 采油工程手册(下册)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. (WAN Ren pu. Petroleum production engineering handbook (Vol. 2)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.)
- [2] Fletcher. Method for fracturing a production[P]. U. S Patent: 5497658. Mar. 12, 1996.
- [3] 中国石油青海油田公司研究院. 涩北气田开发方案[R]. 甘肃: 青海油田公司研究院, 2001. (Research Institute of Exploration & Development, PetroChina Qinghai Oilfield Company. Sebei gas field development plan[R]. Guansu: Research Institute of Exploration & Development, PetroChina Qinghai Oilfield Company, 2001.)
- [4] 谢桂学, 李行船, 杜宝坛. 压裂防砂技术在胜利油田的研究和应用[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(3): 99-102. (XIE Gui xue, LI Xing chuan, DU Bao tan. The research and application of FracPac Technique in Shengli oil field[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(3): 99-102.)
- [5] 杨明忠. 对尚店油田馆陶、东营组油层出砂的初步探讨[J]. 石油勘探与开发, 1988, 15(1): 65-68. (YANG Ming zhong. A preliminary discussion on the sand problem in the Guantao Dongying Reservoir in Shangdian [J]. Petroleum Exploration and Development, 1988, 15(1): 65-68.)
- [6] 尤启东, 陆先亮, 栾志安. 疏松砂岩中微粒迁移问题的研究[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(6): 104-107. (YOU Qi dong, LU Xian liang, LUAN Zhi an. Particle migration in loose sandstone reservoirs [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(6): 104-107.)

- [7] ZHOU Fu jian. Application and study of fine silty sand control technique for unconsolidation quaternary sand gas reservoir, Sebei Qinghai [A]. SPE 86464, 2004.
- [8] Roodhart L P, Forrker P A, Davies D R, et al. Frac and pack stimulation: Application, design and field experience from the Gulf of Mexico to Bomeo [A]. SPE Reprint Series No. 43 Sand control [C]. 1996. 143-150.

第一作者简介: 周福建(1967), 男, 江苏沭阳人, 中国石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事储集层改造与保护研究工作, 现为中国石油大学(华东)博士研究生。地址: 北京市910信箱, 采油工程研究所, 邮政编码: 100083; 电话: (010) 62097608. E-mail: zhoufj@petrochina.com.cn

收稿日期: 2005-05-04 修回日期: 2005-07-21

(编辑、绘图 唐金华)

Theory of screenless fiber resin coated sand complex fine silty sand control

ZHOU Fu jian^{1,2}, XIONG Chun ming², YANG Xian you², ZHANG Shou liang³, ZONG Yi ping⁴, LI Shu bai², LI Xiang dong², LIAN Sheng jiang², LIU Min²
(1. China University of Petroleum, Shandong 257061, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China; 3. PetroChina, Beijing 100044, China; 4. PetroChina Qinghai Oilfield Company, Gansu 736202, China)

Abstract: Severe sand production takes place in siltstone and pelitic siltstone reservoirs where conventional sand control techniques ended in low efficiency. To overcome the deficiencies of conventional sand control techniques and according to the characteristics of siltstone, the new theory of fine silty sand control was presented. The prepad plug remover is utilized to remove formation damage. The soft fibre with positive branch chains absorbs fine silty grains to form bigger aggregation, and to stabilize fine silty sand. Netted 3D hard fibre resin coated sand complex is filled outside the cement mantle to act as an apparent screen for sand control. Frac Pack and TOS are applied for removing the near wellbore damage improving flow status and enhancing productivity. Experiments show that fibre may enhance the sand stabilizing ability of complex by 10 times or even more.

Key words: fine silty sand; fiber complex; screenless sand control; yield increasing; damage removal