

筛网式滤砂管挡砂效果室内试验

施进¹, 李鹏², 贾江鸿³

(1. 中石化胜利石油工程有限公司钻井工程技术公司 山东东营 257064; 2. 中国石化胜利油田分公司采油工艺研究院, 山东东营 257000; 3. 中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东东营 257017)

摘要: 为了提高筛网式滤砂管防砂效果, 研究如何优选挡砂层(密纹网)提高防砂效果。采用多点测压岩心流动出砂试验装置, 系统研究了筛网式滤砂管挡砂层(密纹网)层数、排列角度、放置顺序以及地层砂非均质性、细粉砂(粒径小于0.05 mm)质量分数等对挡砂精度和防砂效果的影响。研究结果表明, 均质地层砂密纹网挡砂精度 $\omega \leq 0.8d_{50}$ 、非均质地层砂密纹网的挡砂精度 $\omega \leq 0.65d_{50}$ 时, 采出液中的含砂量小于0.03%。通过对影响筛网式滤砂管挡砂精度的技术参数评价与优化, 为提高疏松砂岩油藏筛网式滤砂管的防砂效果提供了理论依据。

关键词: 筛网式滤砂管 密纹网 挡砂精度 影响因素 实验室试验

中图分类号: TE35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2013)03-0104-05

Laboratory Testing of Sand Control Effect for Mesh Type Screen

Shi Jin¹, Li Peng², Jia Jianghong³

(1. Drilling Engineering Technology Company, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying, Shandong, 257064, China; 2. Oil Production Technology Research Institute, Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong, 257000, China; 3. Institute of Drilling Technology, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying, Shandong, 257017, China)

Abstract: To improve the effect of sand control of mesh type screen, the way to select sand blocking layer (fine mesh) was studied. Core sand flow test device with multi-point pressure measurement was established, and the effect of layer number, arrangement angle, setting order, sand heterogeneity and fine silt (particle size less than 0.05 mm) mass fraction on sand blocking accuracy and sand control results were studied systematically. The results showed that, when the fine mesh sand control precision was $\omega \leq 0.8d_{50}$ in homogeneous sand and $\omega \leq 0.65d_{50}$ in heterogeneous sand, the sand content in produced liquid was less than the industrial standard of 0.03%. The evaluation and optimization of technical parameters affecting sand control accuracy of the mesh type screen provided theoretical basis for improving sand control of mesh type screen.

Key words: mesh type screen; fine mesh; sand control accuracy; influencing factor; laboratory testing

近年来,随着水平井裸眼筛管顶部注水泥防砂完井技术的大规模应用,筛网式滤砂管应用越来越多^[1-2]。国内学者进行了很多防砂效果评价试验,如王晓彬等人^[3]进行了水平井防砂筛管评价试验,证实了各类型筛管在不同分选性储层的适应性;朱春明等人^[4]建立了大型出砂模拟试验装置,形成了一种防砂筛管性能的评价方法。然而,前人的研究中,对筛网式滤砂管挡砂层(密纹网)的挡砂精度一般都

是依据粒度中值进行选择,对影响挡砂精度的地层砂非均质性、细粉砂含量及油井采液强度没有进行相关系统研究^[5-8]。因此,笔者对筛网式滤砂管挡砂

收稿日期:2013-01-20;改回日期:2013-05-20。

作者简介:施进(1963—),男,浙江余姚人,1985年毕业于华东石油学院钻井工程专业,高级工程师,主要从事石油工程管理及研究工作。

联系方式:13605466617, shijin. slyt@sinopec.com。

层层数、排列角度和放置顺序以及地层砂非均质性、细砂含量等对挡砂精度和防砂效果影响进行了系统的试验研究。

1 试验仪器及方法

挡砂精度优化试验装置,主要包括动力系统、流泵、数据采集系统、多点测压长岩心填砂管和沉砂罐等,如图 1 所示。

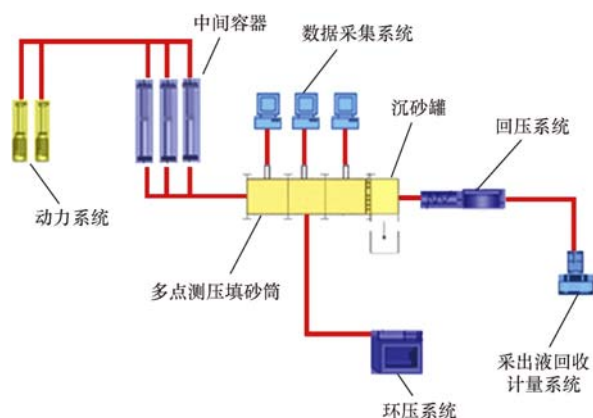


图 1 挡砂精度优化试验系统

Fig. 1 Test system of sand control accuracy optimization

主要试验仪器和材料包括:LDY-II 岩心流动试验仪,OY-HS94500Z 全自动含砂仪,SFY-D 型音波振动式筛分粒度仪,M-2000 马尔文激光粒度仪,不同精度密纹网、地层砂、充填砾石以及模拟地层流体(如盐水、聚合物、稠油等),振筛机,填砂管拆卸工具等。

采用建立的防砂精度优化试验系统,在长填砂筒中装填不同粒径的地层砂或砾石,在沉砂器中放置不同筛管小样,将油井日产量和采液强度折算成驱替泵的排量进行试验,并利用数据采集系统采集不同排量时的流量、渗透率、压差等数据。对采出液中的砂粒含量、砂粒粒径(粒度中值、最大粒径等)进行分析研究,确定各影响因素对筛网式滤砂管挡砂精度的影响程度、挡砂精度的选择依据。

2 试验结果分析

2.1 筛网式滤砂管挡砂层对挡砂精度的影响

2.1.1 密纹网层数

选用 0.10 mm(80 目 $\times$ 400 目)、0.15 mm(50

目 $\times$ 270 目)、0.20 mm(40 目 $\times$ 200 目)的密纹网,进行同精度密纹网层数对渗透率和出口液体中含砂量的影响试验,结果如图 2 所示。

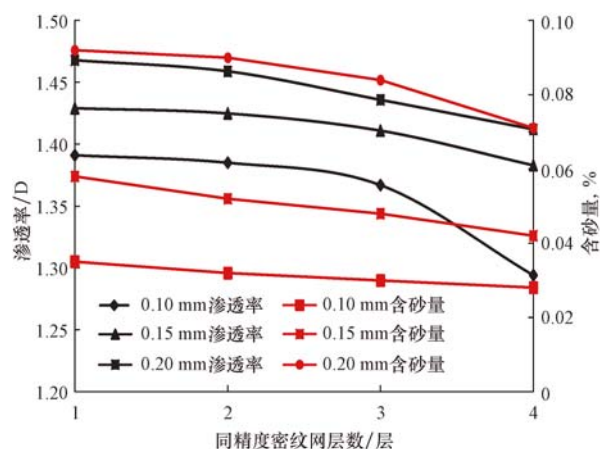


图 2 同精度密纹网层数对防砂效果影响

Fig. 2 Effect of number of mesh layers with same accuracy on sand control effect

从图 2 可知,相对单层密纹网,2 层、3 层和 4 层密纹网采出液中含砂量分别减少了 7.03%, 13.40% 和 23.50%,而渗透率降低不超过 5%。

2.1.2 同精度密纹网排列角度

选用 0.15 mm(50 目 $\times$ 270 目)密纹网,进行多层密纹网最佳排列角度出砂驱替试验,2 层密纹网的放置角度为 $0^\circ+0^\circ$ 、 $0^\circ+45^\circ$ 、 $0^\circ+90^\circ$,3 层放置角度 $0^\circ+0^\circ+0^\circ$ 、 $0^\circ+45^\circ+90^\circ$ 、 $0^\circ+60^\circ+120^\circ$,4 层放置角度为 $0^\circ+0^\circ+0^\circ+0^\circ$ 、 $0^\circ+45^\circ+90^\circ+135^\circ$ 。

图 3 为同精度 3 层密纹网排列角度对防砂效果的影响。从图 3 可知,3 层密纹网以 $0^\circ+60^\circ+120^\circ$ 角度排列最佳,相对 3 层密纹网以 0° 排列,含砂量减小 50%,而渗透率减小幅度小于 10%。

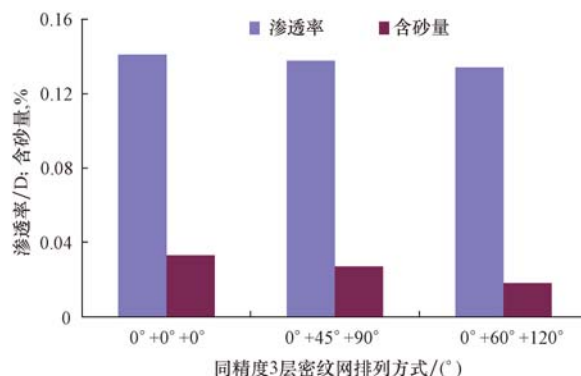


图 3 同精度 3 层密纹网排列角度对防砂效果的影响

Fig. 3 Effect of arrangement angle of three layers of same accuracy fine mesh on sand control

图4为不同精度密纹网以最佳排列角度放置时,对渗透率和含砂量的影响结果分析。由图4可知,不同层数密纹网以最佳排列方式放置时,渗透率的减小幅度都很小,但含砂量大幅减小,表明层数增加防砂效果变好。实际应用时,应根据含砂量的具体要求选用不同层数的密纹网加工制作筛网式滤砂管。

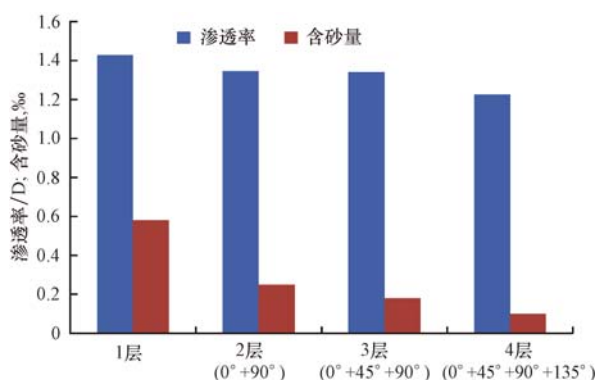


图4 同精度多层密纹网最佳排列方式对防砂效果的影响
Fig. 4 Effect of optimal arrangement angle of multiple same accuracy layers of fine mesh on sand control

2.1.3 不同精度密纹网放置顺序

选用0.15 mm(50目×270目)和0.20 mm(40目×200目)2种不同精度的密纹网,进行2层、3层和4层在基管外的放置顺序(高精度密纹网紧贴基管还是远离基管)试验,图5为2层密纹网放置顺序试验结果。

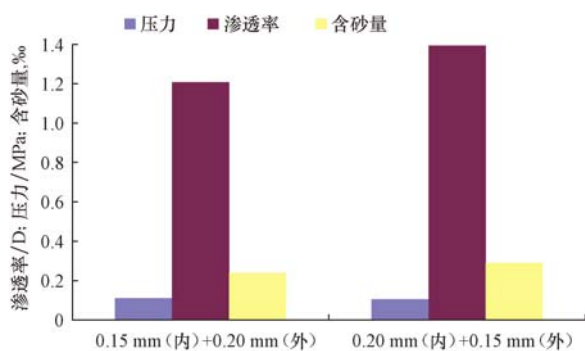


图5 不同精度2层密纹网放置顺序对防砂效果影响
Fig. 5 Effect of arrangement order of two layers of different accuracy fine mesh on sand control

试验表明,内层选用低精度密纹网、外层选用高精度密纹网时,内层密纹网及支撑网内基本没有砂粒滞留,外层高精度密纹网上有砂粒滞留;外层选用低精度密纹网、而内层选用高精度密纹网时,内层和外层密纹网上均有微量砂粒滞留。因此,对不同精

度密纹网,内层(紧贴基管层)选用低精度密纹网、外层选用高精度密纹网,相对内层高精度密纹网、外层低精度密纹网,驱替压差减小4.64%、渗透率增加15.40%(见图5),而采出液中含砂量未见明显增加,防砂效果较好。

2.2 地层砂粒度特征对挡砂精度的影响

2.2.1 地层砂粒度中值

密纹网精度固定为0.15 mm(50目×270目),进行驱替出砂试验,研究不同粒度中值、不同防砂精度对渗透率、出砂量及流出砂最大粒径的影响,结果如图6所示。

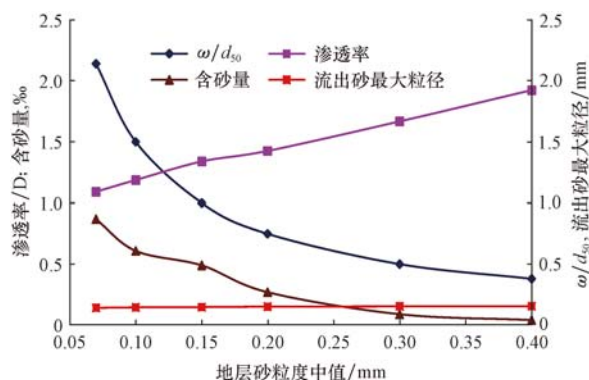


图6 地层砂粒度中值对挡砂精度和防砂效果的影响
Fig. 6 Effect of median grain diameter on sand control accuracy and effect

由图6可知,砂样粒度中值增大,渗透率增大,而采出砂最大粒径基本无变化,如要使含砂量小于0.03%,选用0.15 mm精度的密纹网,只能挡住 d_{50} 大于0.19 mm以上的砂样。采用 ω 表示筛网式滤砂管挡砂层(密纹网)精度, ω 数值越小表示挡砂精度越高,也就是 $\omega \leq 0.789 5 d_{50}$ 。表示对中值为0.19 mm的地层砂,密纹网精度 ω 不大于0.15 mm时,采出液中的砂粒含量小于0.03%,才能有效防砂。

2.2.2 地层砂非均质性

地层砂分为均匀砂(非均匀系数 ≤ 3)、不均匀砂(非均匀系数为3~5)、极不均匀砂(非均匀系数 > 5)^[9-13],改变粒度中值 d_{50} ,研究了地层砂非均质性对挡砂精度的影响,结果如图7所示。

影响均匀地层砂渗透率的主要因素是中值,影响不均匀地层砂渗透率的主要因素是非均匀系数^[14-16]。从图7可知,粒度中值一定时,非均质系数增大,含砂量也相应增大,要使含砂量小于0.03%,

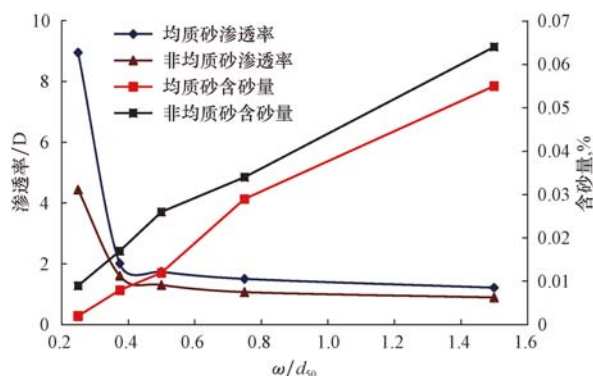


图7 地层砂非均质性与防砂精度和防砂效果关系

Fig.7 Relationship of sand heterogeneity with sand control accuracy and sand control effect

均质地层砂挡砂精度须满足 $\omega \leq 0.8d_{50}$, 非均质砂挡砂精度须满足 $\omega \leq 0.65d_{50}$ 。渗透率与粒度中值和非均匀系数的关系如下^[17-19]:

$$K = 0.01C_u^2 - 0.17C_u - 0.005C_u d_{50} + 0.018d_{50} - 1.72 \quad (1)$$

$$\text{其中} \quad C_u = d_{90}/d_{40} \quad (2)$$

式中: K 为地层砂渗透率, D ; C_u 为非均匀系数; d_{50} 为粒度中值, μm ; d_{40} 为累计质量分数为 40% 的颗粒直径, μm ; d_{90} 为累计质量分数为 90% 的颗粒直径, μm 。

一般 C_u 值大于 1, C_u 值越接近 1, 表明岩石的粒度组成越均匀, $C_u \leq 3$ 可视为地层砂较均匀, $C_u = 3 \sim 5$ 为不均匀地层砂, $C_u > 5$ 为极不均匀砂。

2.2.3 地层砂中细粉砂质量分数

固定地层砂粒度中值(粒度中值 0.2 mm), 非均匀系数固定在某一范围内, 改变粒径中值小于 0.05 mm 细粉砂的质量分数, 试验得到了地层砂渗透率与小于 0.05 mm 颗粒的质量分数关系, 结果如图 8 所示。

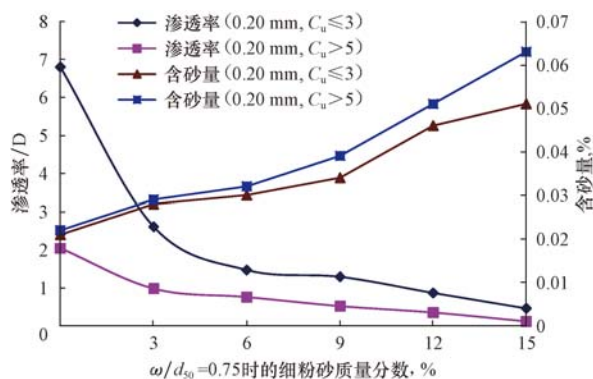


图8 细粉砂含量对渗透率的影响

Fig.8 Effect of fine silt content on permeability

由图 8 可知, 当细粉砂的质量分数从 6% 增大到 12% 时, 均质砂 ($C_u \leq 3$) 的渗透率减小了 47.93%, 含砂量增加了 32.72%, 非均质砂 ($C_u > 5$) 的渗透率减小了 56.88%, 含砂量增加了 38.65%。所以, 进行挡砂精度选择时, 地层砂中细粉砂的质量分数大于 5% 时, 选择筛网式滤砂管挡砂精度 $\omega \leq 0.65d_{50}$ 。

3 结 论

1) 不同精度多层密纹网组合方式对防砂效果影响较大, 相比内层采用高精度、外层采用低精度密纹网的方式, 内层选用低精度密纹网、外层用高精度密纹网时挡砂精度明显提高, 渗透率明显增加, 防砂效果更好。

2) 均质性地层砂筛网式滤砂管挡砂精度 $\omega \leq 0.8d_{50}$ 、非均质性地层砂筛网式滤砂管的挡砂精度 $\omega \leq 0.65d_{50}$ 时, 含砂量小于 0.03%; 地层砂中细粉砂含量大于 5% 时, 推荐参考非均质砂的挡砂精度 $\omega \leq 0.65d_{50}$ 来确定筛网式滤砂管挡砂精度。

参 考 文 献

References

- [1] 董长银. 油气井防砂技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2009: 80-103.
Dong Changyin. Sand control technique in oil and gas well [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2009: 80-103.
- [2] 何生厚, 张琪. 油气井防砂理论及应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 2003: 143-150.
He Shenghou, Zhang Qi. Sand control theory and application in oil and gas well [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2003: 143-150.
- [3] 王晓彬, 唐庆, 牛艳花, 等. 水平井防砂筛管评价试验[J]. 石油钻采工艺, 2011, 33(5): 49-52.
Wang Xiaobin, Tang Qing, Niu Yanhua, et al. Evaluation testing for sand control screen in horizontal wells [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2011, 33(5): 49-52.
- [4] 朱春明, 王希玲, 邓金根. 防砂筛管性能评价试验方法的建立[J]. 新疆石油天然气, 2011, 7(4): 69-72.
Zhu Chunming, Wang Xiling, Deng Jingen. Establishment of the experimental evaluation methodology for property of sand control screen [J]. Xinjiang Oil & Gas, 2011, 7(4): 69-72.
- [5] 王利华, 楼一珊, 邓金根, 等. 深水浅层气田防砂方式优选及防砂参数优化[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(1): 98-102.
Wang Lihua, Lou Yishan, Deng Jingen, et al. Optimization of sand control methods and parameters selection for shallow-gas fields in deep-water [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(1): 98-102.

- [6] 刘正伟,裴柏林,魏立军,等.水平井防砂网合理孔径确定试验研究[J].新疆石油天然气,2005,1(1):65-67.
Liu Zhengwei, Pei Bolin, Wei Lijun, et al. Experimental research on confirming reasonable of sand prevention meshwork of horizontal well[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2005, 1(1): 65-67.
- [7] 朱春明,邓金根,王利华,等.防砂管外堆积砂渗透率试验研究[J].石油钻采工艺,2010,32(1):70-73.
Zhu Chunming, Deng Jingen, Wang Lihua, et al. Experimental study of accumulated sand permeability outside sand control screen[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2010, 32(1): 70-73.
- [8] 邓金根,郑勋,闫新江,等.深水气田防砂方案优选试验研究[J].断块油气田,2012,19(3):382-385.
Deng Jingen, Zheng Xun, Yan Xinjiang, et al. Experimental study on i optimization of sand control scheme in deep-water gas field[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2012, 19(3): 382-385.
- [9] 颜明,李相方,王涛,等.筛管常用金属微孔网布组合挡砂效果与精度试验研究[J].内蒙古石油化工,2009,35(19):12-14.
Yan Ming, Li Xiangfang, Wang Tao, et al. Experimental study of efectiveness and accuracy of mental microbore gauze of sand control liner/screen[J]. Inner Mongulia petrochemical Industry, 2009, 35(19): 12-14.
- [10] 王利华,邓金根,周建良,等.适度出砂开采标准金属网布优质筛管防砂参数设计实验研究[J].中国海上油气,2011,23(2):107-110.
Wang Lihua, Deng Jingen, Zhou Jianling, et al. Experimental study on premium screen mesh opening design for reasonable sand control[J]. China Offshore Oil and Gas, 2011, 23(2): 107-110.
- [11] 陈宇,邓金根,何宝生,等.砾石充填井工业砾石尺寸优选[J].石油钻探技术,2011,39(3):92-95.
Chen Yu, Deng Jingen, He Baosheng, et al. Optimization of industrial gravel size in gravel packed wells[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(3): 92-95.
- [12] 石晓兵,施太和,王兆会,等.岩心粒度分析分选评价及割缝筛管缝宽设计[J].石油钻采工艺,1999,21(4):43-47.
Shi Xiaobing, Shi Taihe, Wang Zhaohui, et al. Analytical evaluation of rock grain size and design for slotted screem liner[J]. Oil Drilling & Production Technology, 1999, 21(4): 43-47.
- [13] 于洋洋,韩英,张建忠,等.用主成分分析确定防砂筛管的缝宽[J].断块油气田,2007,14(5):64-66.
Yu Yangyang, Han Ying, Zhang Jianzhong, et al. Determination of opening width of sand control screen from principal component analysis[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2007, 14(5): 64-66.
- [14] 朱春明,邓金根,王利华,等.防砂管外堆积砂渗透率试验研究[J].石油钻采工艺,2010,32(1):70-73.
Zhu Chunming, Deng Jingen, Wang Lihua, et al. Experimental study of accumulated sand permeability outside sand control screen[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2010, 32(1): 70-73.
- [15] 房毛军,曾祥林,孙福街,等.疏松砂岩稠油油藏防砂参数优选试验研究[J].石油天然气学报,2011,33(3):111-114.
Fang Maojun, Zeng Xianglin, Sun Fujie, et al. Experimental study on sand-control parameter optimization in unconsolidated heavy oil reservoirs[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2011, 33(3): 111-114.
- [16] 王志刚,李爱芬,张红玲,等.砾石充填防砂并砾石层堵塞机理试验研究[J].石油大学学报:自然科学版,2000,24(5):49-51.
Wang Zhigang, Li Aifen, Zhang Hongling, et al. Experimental study on pore-blocking mechanism in gravel packs of sand control well[J]. Journal of the University of Petroleum, China: Natural Science Edition, 2000, 24(5): 49-51.
- [17] 赵修太,陈东明.油井出砂后期多级防砂技术级数研究[J].石油钻探技术,2011,39(1):94-100.
Zhao Xiutai, Chen Dongming. Multiple sand control technology in late stage of sand production[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(1): 94-100.
- [18] 王尤富,乐涛涛.疏松砂岩油层砂粒运移与渗透率关系的试验研究[J].石油天然气学报,2008,30(3):111-113.
Wang Youfu, Le Taotao. Experimental study on the relationship between sand particle migration and permeability in unconsolidated sandstone reservoirs[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(3): 111-113.
- [19] 韩俊伟,余杰.防砂筛管过滤精度对油井产能影响规律研究[J].新疆石油天然气,2009,5(1):67-71.
Han Junwei, Yu Jie. Study on the regularity of screen filtration precison effect on oil productivity[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2009, 5(1): 67-71.

[编辑 滕春鸣]