

Application of Fracture Pattern Fracturing Technology in Ultra-low Permeability Oilfield

Xiaoyan Wang¹ Xinyue Wang² Zhaofeng Bian³

1. Daqing Field Oil Company Limited, No. 10 Oil Production Plant, Daqing, Heilongjiang, 166405, China

2. Shanghai Pudong Development Bank Beijing Branch, Beijing, 100027, China

3. Yingce Bosi Petroleum Technology Co., Ltd., Tianjin, 300170, China

Abstract

One oilfield belongs to ultra-low permeability oilfield, the permeability of the three types of blocks is only 1-8.6mD, conventional fracturing has poor stimulation effect, the fracture network fracturing technology is used. According to the mechanism of Mesh Production, the process control method and parameter design were optimized. The standard rate of well selection and layer selection is quantified. A total of 78 wells have been drilled since 2013. Compared conventional fracturing with fracture network fracturing, the size of the sewing net is enlarged about 4 times, measures to increase the oil production of about 4 times, input-output ratio is 1 : 1.6 or so, the recovery factor of the block is improved by 1%~2%, it provides technical support for effective development of ultra-low permeability oilfield.

Keywords

ultra-low permeability; fracture network; recovery factor

缝网压裂技术在特低渗透油田应用

王晓燕¹ 王心玥² 边兆峰³

1. 大庆油田有限责任公司第十采油厂, 中国·黑龙江 大庆 166405

2. 浦发银行北京分行, 中国·北京 100027

3. 英策博斯石油技术有限公司, 中国·天津 300170

摘要

某属特低渗透油田三类区块渗透率1-8.6mD, 常规压裂增油效果差, 因此采用缝网压裂技术。根据缝网产生机理, 优化工艺控制方法和参数设计, 量化了选井、选层标准。从2013年开始共实施82口井。缝网压裂与普通压裂相比, 缝网规模扩大4倍左右, 措施增油效果提高4倍左右, 实现投入产出比1:1.6左右, 采收率提高近1%~2%, 为特低渗透油田有效开发提供技术支持。

关键词

特低渗透; 缝网压裂; 采收率

1 引言

某油田属于裂缝性低-特低渗透砂岩油藏, 开发的扶杨油层, 属特低渗透储层。油田边部的三类区块, 渗透率只有1-8.6mD, 水驱动用状况差, 常规压裂产生的单一的压裂主缝很难取得较高的增产效果。而大规模缝网压裂, 可以形成网状人工裂缝, 增加储层改造体积, 提高增油效果。

2 缝网产生机理

研究表明, 在天然裂缝发育的脆性砂岩储层中, 当在井底净压力接近两向应力差时, 扩展裂缝尖端应力集中, 产

生应力释放缝。如图1所示, 随着缝内净压力的升高, 储层岩石也可形成释放缝, 释放缝扩展和延伸并与主裂缝一起形成裂缝网络系统, 极大地增加了改造体积^[1-3]。

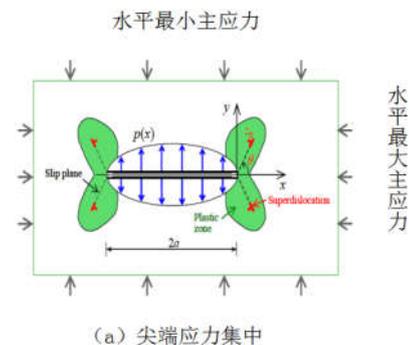
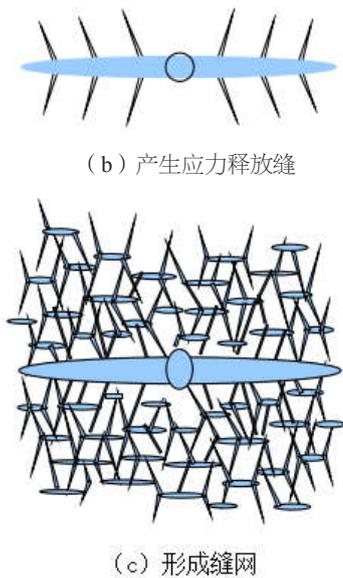


图1 缝网形成过程示意图

【作者简介】王晓燕(1970-), 女, 中国黑龙江大庆人, 硕士, 高级工程师, 从事油藏开发技术研究。



续图1 缝网形成过程示意图

3 缝网压裂施工工艺优化

3.1 压裂液及支撑剂

缝网形成主要取决于施工排量、施工规模、液体性质三个因素。压裂液选用清水、滑溜水、改性胍胶压裂液体系，支撑剂主压裂阶段采用石英砂，加砂末期尾追陶粒提高缝口导流能力，单层用量 20 ~ 40m³。采用“滑溜水—清水—滑溜水—冻胶”复合注入方式，分四阶段施工，如表 1 所示。

表 1 缝网压裂用滑溜水及清水配方表

液体名称	编号	产品名称	单位	配比	液体名称	编号	产品名称	单位	配比
滑溜水	1	助排剂	kg	0.15%	清水	1	助排剂	kg	0.15%
	2	防膨剂	kg	1.00%		2	防膨剂	kg	1.00%
	3	PXH-1 减阻剂	kg	0.20%	—	—	—	—	—

3.2 压裂施工参数

如图 2、图 3 所示，压裂施工设计时，以形成人工裂缝导流能力与储层渗流能力相匹配为设计主要目标，根据不同渗透率优化储层携砂体积分数为 23%~25%；根据储层物性特征结合储层水驱用状况，优化单层改造液量规模 1000~2000m³；根据现场施工能力结合压裂液磨阻系数及套管抗压能力，优化施工排量 6~9m³/min，施工压力控制在 60MPa 以内^[4-5]。

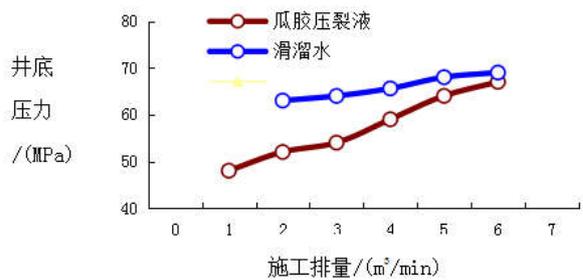


图 2 施工排量与井底压力关系图

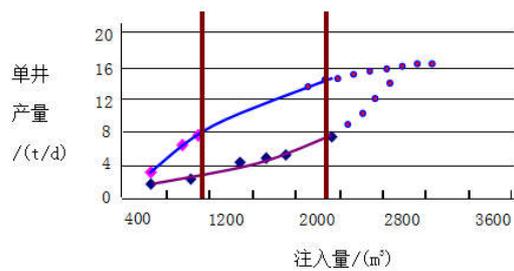


图 3 单井有效注入量与产量关系曲线

4 量化选井、选层标准

4.1 选井选层条件

优选油井储层物性差，渗透率低，水驱动用状况差并进行缝网压裂。统计单井累计增油与措施前采出程度、含水、日产油及有效厚度关系，量化缝网压裂井的选井条件：

①储层属于特低渗透储层，油井全井有效厚度 ≥6.0m，单层厚度 ≥2.0m。

②油井措施前全井含水 ≤45.0%。

③油井措施前采出程度 ≤9.0%。

4.2 选层条件

根据储层物性条件，进行压裂层段的优选，并根据岩性遮挡条件，对储层进行组合划分。

5 现场应用及效果分析

2013 年以来共计实施缝网压裂 82 口井，应用规模逐渐扩大，从三类区块储层改造扩大应用到二类区块；压裂规模从大规模缝网压裂到控制规模的小缝网压裂。

5.1 大规模缝网压裂取得较好效果

5.1.1 形成了复杂缝网体系，裂缝体积扩大

如图 4 所示，从裂缝监测结果看，普通压裂裂缝只有一条，沿主应力方向延伸，规模一般为 238m × 22m。缝网压裂裂缝主要沿主应力方向延伸，井下微地震监测缝网规模为 355.6m × 61.6m，地面微地震监测缝网规模为 521.9m × 60.9m，是普通压裂的 4.2~6.1 倍。

(下转第 117 页)

7 结语

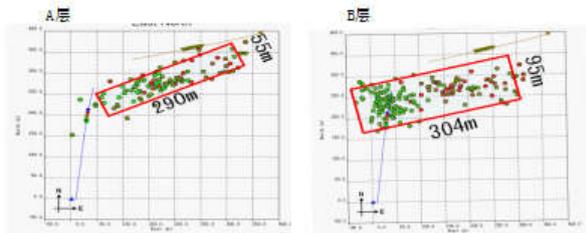
班组标准化自主建设指导的中心思想是探索适合企业班组标准化管理自主运行的高效模式,既能提高班组的工作绩效,又能适应企业现有生态环境,关键是企业本身将安全标准化管理体系融合到自己的血液中,要吸收外来指导者和服务者的精华之后,逐渐形成自己一套成熟有效的管理体系,持续进行改进创新,这样企业能得到可持续发展,企业

基业才能长青。

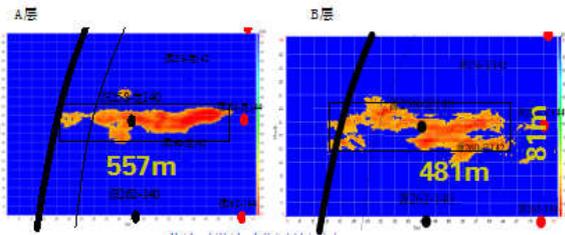
参考文献

- [1] 吕志林.论安全生产标准化在安全管理体系中的重要作用[J].科技创新与应用,2013(20):7-12.
- [2] 孙友霞,李兴东,李金良.基于管理方格理论的安全管理模式分析[J].煤矿安全,2013(1):82+17.
- [3] 杨丽.用PDCA循环指导企业培训[J].经济研究导刊,2012(21):39+25.

(上接第114页)



(a) B井井下微地震监测结果图



(b) B井地面微地震监测结果图

图4 B井缝网压裂缝地震监测结果图

5.1.2 增油效果比较好,投入产出比高

如表2所示,2013年到2019年实施大规模缝网压裂62口井,其中三类区块实施41口井,平均单井累计增油1965t,为普通压裂311t的6.3倍,平均有效期1926天,投入产出比1:1.62;二类区块实施21口井,平均单井累计增油616.8t,日增油12.6t。治理区块最终采收率预计提高1.7%。

表2 历年缝网压裂井增产情况表

时间	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
井数(口)	4	8	10	10	9	12	9
初期日增液(t/d)	7.69	9.58	10.40	12.34	4.02	16.09	11.30
初期日增油(t/d)	4.74	5.82	4.90	4.45	3.42	7.43	5.40

5.1.3 有效缩短驱替距离,缝网压裂井周围地层能量恢复

缝网压裂技术形成的缝网体系,有效缩短驱替距离,

在密井网井区建立有效驱替系统,改善了储层动用状况,补充地层能量,地层压力上升3.6MPa,储层供液能力增强,共有28口井油井产量上升,初期平均单井日增油1.0t,有效期6个月,累计增油1952t。

5.2 压裂规模从大缝网调整到小缝网

实施大规模缝网压裂易压窜,年均压窜2口井,影响压裂效果。同时,其压裂施工周期长,施工成本高。因此在密井网小缝网压裂应用施工20口井,平均单段注入压裂液470m³,较大规模缝网压裂少834m³。单井施工费用减少89万元,施工周期减少42.9%。20口井,措施初期单井日增油3.4t,单井累计增油360.8t。目前单井日增油2.0t。

6 结论

第一,通过7年现场试验及应用,形成了以量化选井选层标准、优化参数设计、缝网监测识别及施工工艺为核心的缝网压裂配套技术。

第二,缝网压裂技术在近井地带形成复杂缝网体系,提高储层渗透性;同时有效缩短驱替距离,补充地层能量。

第三,缝网压裂技术与普通压裂相比,缝网规模扩大4倍左右,措施增油效果提高4倍左右,实现投入产出比1:1.62,治理区块采收率提高1.7%。

参考文献

- [1] 孙海成.重复压裂机理研究[J].大庆石油地质与开发,2005,24(3):72-74.
- [2] 王越.浅层裂缝性致密油藏缝网压裂技术[J].大庆石油地质与开发,2015,34(2):99-102.
- [3] 余东升.低渗透油藏重复压裂机理研究及现场应用[J].油气井测试,2008,17(2):45-46.
- [4] 翁定为,霍群.缝网压裂技术及其现场应用[J].石油学报,2011,32(2):281-284.
- [5] 陈守雨,刘建伟.裂缝性储层缝网压裂技术研究与应用[J].石油钻采工艺,2010,32(6):67-71.