

新场构造须四段储层压裂改造难点和工艺技术措施

蒲洪江¹ 叶晓端¹ 于文静² 王玉明³ 杨冠华⁴

(1.四川德阳新场气田开发有限责任公司 2.川庆钻探工程有限公司井下作业公司 3.中国石油吐哈油田公司鄯善采油厂
4.中国石油大港油田公司第二采油厂)

蒲洪江等.新场构造须四段储层压裂改造难点和工艺技术措施.天然气工业,2008,28(9):83-85.

摘要 川西新场构造上三叠统须家河组致密砂岩气藏埋藏深、温度高、异常高压,压裂改造难度很大。通过对新 855 井须四段储层的特征进行描述,分析了压裂技术改造难点,并制定了采用常规加砂量、低砂比、段塞冲刷、多种粒径支撑剂组合、线性加砂、测试压裂等针对性技术措施,取得了较好的增产效果,说明高温、高压、高难度压裂改造气藏只要采取的加砂压裂工艺技术得当,仍然可以取得很好的加砂压裂效果。

关键词 新场气田 晚三叠世 储集层 压裂 技术 措施

一、引言

川西深层上三叠统须家河组致密砂岩气藏^[1]主要分布于孝泉—新场—合兴场—丰谷构造,纵向上划分为 5 个层段,埋藏深(3 000~5 100 m),温度高(80~125 ℃),异常高压(原始地压梯度大于 1.65 MPa/100 m),岩性极为致密(基质平均孔隙度 2%~4%,渗透率小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),非均质性极强,地应力分布复杂、地层破裂压力高、地层流体分布复杂(有含水层,部分井产水),压裂改造难度很大。作为勘探开发核心技术的压裂改造技术能否获得突破,将直接制约深层气藏的勘探开发进程。为此,以新场构造新 855 井须四段 D 层为例,对须家河须四段的压裂改造难点采取有针对性的工艺技术措施,以期能为须家河四段的压裂改造技术攻关提供有益的参考。

二、储层特征

新 855 井须四段 D 层的主要特点如下:

(1)储层岩性变化大,岩矿组成复杂。

(2)储集岩屑属超致密岩带,且物性条件极不均匀;新 855 井 D 层储层井深:3 583~3 595 m,岩心物性分析结果为,孔隙度 0.74%~2.87%,平均 1.37%,含气饱和度 27.2%~91.9%,平均 70.7%,基质渗透率($0.012 \sim 0.035$) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $0.02 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,含微裂缝的岩心渗透率较高,达 $4.88 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,总体上呈现低渗特征;测井综合解释孔隙

度为 5%,渗透率为 $0.018 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,解释结果为裂缝性差气层。

(3)主要储层的储集空间以孔隙为主,储集类型为裂缝—孔隙型,沟通可能存在的裂缝是增产措施的关键。

三、压裂技术改造难点

压裂技术改造的难点有以下几方面^[2-7]:

(1)储层致密,埋藏深,破裂压力与闭合压力高,对压裂设备以及支撑剂、压裂液的各项性能要求极高;要求支撑剂具有高强度、高导流能力;压裂液具有优良的耐高温、耐剪切、低伤害、低摩阻等性能。

(2)要求施工排量高。储层岩石致密坚硬,杨氏模量和抗张强度大,地层闭合压力高,人工裂缝宽度小,易发生砂堵,这要求较高的排量才能压开储层和顺利加砂。

(3)储层为裂缝型,裂缝型储层的压裂目标是有效沟通裂缝,一方面沟通裂缝存在较大的不确定性,另一方面连通裂缝后,其裂缝型滤失导致压裂液滤失呈数量级骤增,脱砂风险非常大;加之储层非均质性强,使裂缝延伸的复杂情况可能较多,加砂难度与风险进一步加大。

(4)储层基质相当致密,孔喉细小,对压裂液与地层的配伍性、破胶性能以及返排性等提出了更高要求。

(5)不能够确定裂缝的位置与发育程度的情况

作者简介:蒲洪江,1964 年生,高级工程师,在职硕士研究生;现从事储层改造与保护技术研究及管理工作。地址:(618000)四川省德阳市泰山北路 86 号。电话:(0838)2272752。E-mail:phj@xcqt.cn

下,对压裂优化设计与施工后的增产效果带来困难与不确定性。

四、采取的技术措施

针对新场构造须四段储层的特点以及压裂改造的最优化意识,认真进行了新工艺的研究与应用,采取有针对性的技术措施,力求在须四段储层加砂压裂获得成功与突破。经过认真分析,对压裂设计作了以下改进和创新:

(1)针对储层为低孔、低渗、裂缝型储层,压裂施工的主要目标是沟通天然裂缝,故采用常规施工规模、较低的施工砂比不仅可以满足压裂要求,而且可降低施工风险。

(2)储层具有潜在裂缝、微裂缝发育,同时有可能产生裂缝迂曲或多裂缝,采用支撑剂段塞冲刷技术。

(3)施工层岩石弹性模量高,人工裂缝缝宽较窄,容易发生砂堵。为了降低施工风险,采用多种粒径支撑剂组合、“线性”加砂技术。

(4)由于川西须家河组气藏可供借鉴的加砂压裂资料有限,在主压裂前进行测试压裂,充分了解施工工艺参数、地层和裂缝性质,为主压裂的设计方案调整及施工工艺实时优化提供必要的技术支持,以提高主压裂的施工成功率。

五、压裂液配方优化

须四段储层的压裂液配方优化目标主要是降低伤害、抗高温剪切及极好的悬砂性能和较低的泵注摩阻。通过对压裂液添加剂材料的筛选,对须四段岩心做伤害评价试验及压裂液剪切试验,获得本次压裂液配方。该配方胍胶用量尽可能的有所降低,各项添加剂的使用都考虑到了储层的特性(中高温),经过严格的优化和认真的实验。在温度 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、试验压差 8 MPa 、浸泡 16 h 、流动 1.5 h 条件下,岩心伤害率在 $32.14\%\sim 35.24\%$,达到设计要求。

施工前,取配制的现场压裂液作抗剪切实验,在实验温度 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、剪切速率 145 s^{-1} 下,其实验结果如图1所示。

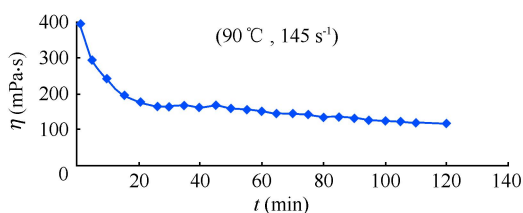


图1 新855井现场压裂液抗剪切曲线图

从压裂液流变曲线上可以看出,在 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 145 s^{-1} 下,压裂液经过连续剪切 120 min 后,黏度仍保持在 $110\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 左右,达到了设计要求值。

六、现场施工情况

新855井压裂施工井段为 $3\ 583\sim 3\ 595\text{ m}$ 。压裂管柱为: $\varnothing 89\text{ mm}$ 油管P- $110\times 6.45\text{ mm}\times 3\ 590\text{ m}+Y344$ 水力压差式封隔器,先进行测试压裂,在测试压裂的基础上再调整修改设计,进行主压裂。

测试压裂主要分为两个阶段,首先向地层挤入KCl液做瞬时停泵测试,然后向地层注入冻胶做阶梯排量测试。在此过程中,试探性地加入砂浓度分别为 $56、115\text{ kg/m}^3$ 的30/60目陶粒。施工共注入地层KCl液 10.0 m^3 、冻胶 41.2 m^3 、30/60目陶粒 1 t 。通过测试压裂分析,得到如下认识:①储层闭合压力与闭合压力梯度较高(闭合压力梯度达 0.024 MPa/m);②从降排量摩阻分析综合来看,近井筒效应影响较小,由于整体入口摩阻数值较低,对施工不会造成过大的影响;③从压裂液停泵G函数曲线分析可知,压裂液在储层基质中的滤失较低,液体效率较高,在人工裂缝闭合前存在多裂缝闭合的反应,测试压裂分析结果认为储层孔隙渗流能力差,储层基质具低渗、低孔特征,动态裂缝宽度较小。

根据测试压裂分析结果,很多都与施工前压裂设计吻合。对主压裂施工程序的调整上,主要把携砂液砂浓度台阶的增量减小,采用线性加砂,最高砂浓度也从设计的 600 kg/m^3 减小到 480 kg/m^3 。因为有多裂缝闭合的反映,适当增加了前置液比例,在前置液阶段加了支撑剂段塞冲刷。针对动态缝宽较小,采用30/60目和20/40目的两种粒径组合的支撑剂,设计加砂规模为 54 t 。

2005年3月27日进行主压裂施工,采用 $\varnothing 89\text{ mm}$ 油管注入,排量 $3.2\sim 3.5\text{ m}^3/\text{min}$,泵注压力 $69\sim 72\text{ MPa}$,最高泵压为 78.3 MPa ,最高砂浓度为 459 kg/m^3 ,平均砂浓度为 295.8 kg/m^3 ,共加入支撑剂 40 t ,其中30/60目陶粒 10 t ,20/40目陶粒 30 t 。

新855井压后立即返排,从现场返排液体情况来看,压裂液破胶快速,破胶液黏度低。通过加砂压裂,该井从压前天然气产能 $0.3969\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ (输气),具较好的增产效果。

七、认识与结论

通过对新场构造新855井须家河组须四段储层加砂压裂得到以下认识:

(1)新 855 井压后具有较好的增产效果,说明加砂压裂改造对须家河组气藏是可行的。

(2)新 855 井须四段为低孔、低渗裂缝型储层,地层破裂压力、闭合压力高,压裂改造的主要目标是沟通天然裂缝系统。

(3)本次作业所应用的中高温缓胶压裂液体系能保证造缝过程中的悬砂,满足施工的要求。

(4)针对储层为低孔、低渗、裂缝型储层,岩石弹性模量高,人工裂缝缝宽窄。容易发生砂堵,采用多种粒径支撑剂组合、“线性”加砂技术,降低施工风险;该工艺技术是可行与有效的。

(5)尽管经过精心设计与施工,但在加砂过程中仍出现了压力波动较大,尤其是施工后期出现压力异常,施工进入提前顶替的现象,说明须家河组气藏压裂改造难度相当大,还需要进一步联合攻关,在更进一步了解储层特征的基础上,对施工参数不断进行优化设计,从而确定出最优施工方案,以早日实现深层气藏压裂改造的全面突破。

参 考 文 献

- [1] 青永固.川西致密碎屑岩气藏水力压裂工艺技术进展[J].天然气工业,2002,22(3):21-24.
- [2] 吉德利 J L.水力压裂技术新发展[M].北京:石油工业出版社,1995.
- [3] 万仁溥,罗英俊.采油技术手册:第九分册[M].北京:石油工业出版社,1998.
- [4] 米卡尔 J 埃克诺米德斯.油藏增产措施[M].第三版.北京:石油工业出版社,2002.
- [5] 王怒涛,陈浩,张爱红,等.压裂井特征值试井解释方法研究[J].西南石油学院学报,2006,28(2):36-39.
- [6] 何鲜.国外深层气藏开采技术[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [7] 郭大立,王祖文,胡广军,等.射孔层位优化方法与分层压裂技术研究[J].西南石油大学学报,2007,29(6):116-118.

(修改回稿日期 2008-07-04 编辑 韩晓渝)