

低渗透油藏压裂产能预测技术研究

范淑慧¹ 任雪凤¹ 任建棚¹ 宁金生² 郭凯凯¹

(1 山东科瑞机械制造有限公司 山东 东营 257000; 2 山东科瑞油气装备有限公司 山东 东营 257000)

摘要: 压裂改造技术在开发低渗透油藏中应用十分广泛, 不同的压裂方案带来的增产效果也不相同。因此, 为了使增产效果能达到预期, 将压裂设计进行优化, 可以先对压裂后的产能进行研究。本文依据准噶尔盆地某区块的特低渗透巨厚砾岩油藏的参数数据, 对不同影响因素下的产能曲线进行了有效绘制, 经分析后得到: 如果将裂缝的导流能力约等于无限导流, 必须要在其达到一定值后, 否则就会有非常大的误差; 如今, 为了达到增产的目的, 必须灵活设定与储层条件匹配的压裂参数。

关键词: 低渗透油藏; 径向流; 垂直裂缝; 启动压力梯度

0 引言

在开发低渗透油藏的过程中, 为了使工业原油流动, 通常要进行压裂。评价和预测压裂后的产能, 有助于优化压裂设计。基于保角变换, 我们将渗流场的等位线视作一个椭圆, 以裂缝两端为中心。通过分析压降, 流体径向流入裂缝的位置在裂缝顶端, 根据辛科利提出的双线性流动理论, 与裂缝面垂直的流体将沿线性方向流入裂缝, 而流入的流体最终流入井筒也是沿线性方向。为此, 作者提出垂直裂缝井的渗流模型由三方面组成: 其一是裂缝尖端存在的径向渗流, 其二是垂直裂缝的线性渗流, 其三是裂缝内的线性渗流, 该模型更应用实际, 而且拥有计算简单的产能方程, 应用方便。

1 低渗透油藏垂直裂缝井产能模型

如图 1 所示, 垂直裂缝井的平面流场可分为 2 个半圆形地层、2 个长方形地层以及裂缝。地层渗流过程可以分为两个阶段, 与裂缝垂直的线性流动发生在流入裂缝的基体中, 径向流动发生在流入裂缝的半圆筒中, 流体在流入井筒时线性流动。

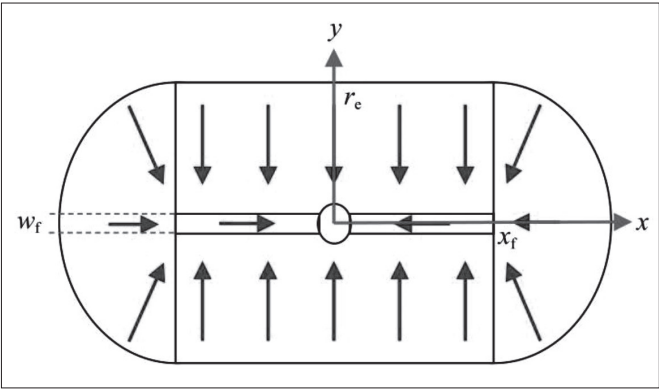


图 1 垂直裂缝井在 xy 平面上的泄油面

选择了该区块的 t1 井和 t2 井进行验证。这两口井同时发生压裂作业, 生产时间相对较长。油井动态曲线表明, 该方法是有用的, 注水井和油井压力稳定, 油井产量稳定, 产水基本不动, 因此, 两者稳定阶段的平均产量相当。从表可以看出, 计算时使用的产能公式为有限导流裂缝的, 得到的稳产能与稳产阶段两口井的平均产能大体一致。基本偏差

不超过百分之七, 在允许范围内。

表 实际产能与预测结果对比

井号	井底流压 / MPa	实际产量 / $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	有限导流产能公式 / $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	误差 / %
T1	8	2.76	2.93	6.2%
T2	10	2.48	2.57	3.6%

表中的 $\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ 改为 (m^2/d) ; $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 改为 (m^3/d)

2 影响因素分析

以准噶尔盆地某区块特低渗透特大型砾岩油藏基本参数资料为基础, 分析了产能与裂缝参数的相关性。本文从裂缝半长、裂缝导流能力、基质渗透率三个方面进行了相关的数据研究。

图 2 所示产能曲线对应着不同的裂缝半长, 此时井底流体压力为 10MPa。随着裂缝半长度的增加, 无限长导流裂缝的产能线性增加。裂缝一般为有限分流裂缝。有限导流裂缝的产能随着增长率逐渐降低, 当裂缝长度达到一定时, 没有明显的增产效果。

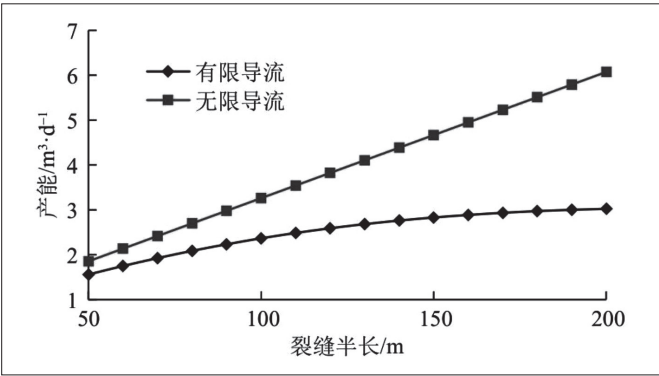


图 2 裂缝半长对产能的影响

图 3 显示的产能曲线对应不同的裂缝导流能力。无限导流裂缝的产能没有变化, 有限的则不断增大, 逐渐接近无限导流裂缝的产能。因此, 如果裂缝导流能力很高, 裂缝的导流能力可以近似为无限大。分析证明了无量纲分流系数等于 500 是有限分流和无限分流的临界点, 无限分流系数大于 500, 如果不是则为有限分流。而 smamniego-v 和 Cinco-ley

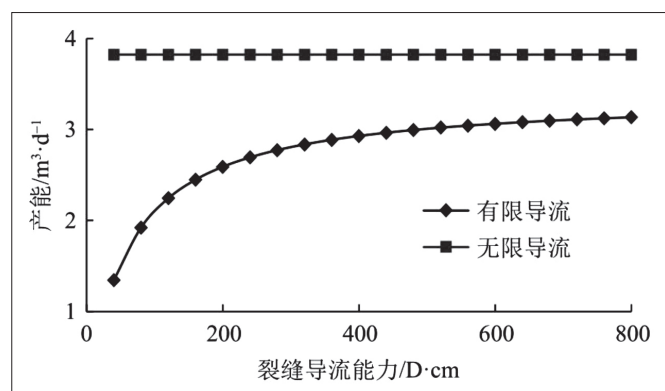


图3 裂缝导流能力对产能的影响

则坚持认为临界点应该是300。

图4显示的产能曲线对应的是不同的基质渗透率。压裂后的产能随着基质渗透率的增大而增大,但产能增长速度减慢。与未压裂产能相比,当基质渗透率达到一定值时,压裂增产也达到最高,随基质渗透率的增大而减小。因此,压裂措施必须匹配储层条件进行,才能达到预期的增产效果。

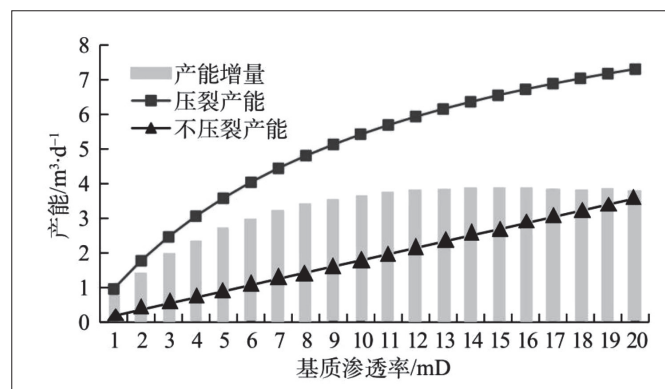


图4 基质渗透率对产能的影响

压裂裂缝的位置、间距及数量,也会对产能造成一定的影响。压裂后形成的裂缝一般有很多条,且生产过程中,裂缝间会存在干扰,这些因素对低渗透砂岩气藏压裂的产能都会产生影响。

3 结语

将径向流和线性流有效地结合起来,建立了反应低渗

透油藏垂直裂缝井渗流的模型,为计算低渗透油藏有限导流和无限导流裂缝的产能,推导了相应的公示,其中有限导流裂缝产能公式的误差不大于7%。该公式简单易行,适合推广。

当裂缝导流能力达不到一定的数值时,近似无穷大导流能力有较大误差,当导流能力达到一定值时,近似无穷大导流能力。

产能随着地层裂缝长度的增加而增加,但产能增长率逐渐降低。压裂后产能随着基质渗透率升高而升高。但与未压裂相比,压裂在一定渗透率条件下产能增加最大。因此,在进行压裂设计时,必须匹配储层的基本条件,才能实现特定的经济条件下的预期增产效果。

低渗透油藏的主要特点是储集层埋藏深度大,含气量高,在开采过程中,压裂增产问题一直成为制约油田产量提高和生产安全、石油资源开发等方面发展的瓶颈。随着我国能源结构不断调整以及对低渗产能技术研究力度加大及应用领域扩大化,对裂缝压裂井产能预测在油气资源开发、生产过程中显得尤为重要。压裂裂缝是近井地带影响力地应力的主要因素,本文从裂缝导流能力、基质渗透率和裂缝半长三个方面,研究了其对压裂后产能的影响,找出了压裂裂缝参数对井应力场分布和产能的影响规律,为以后的压裂增产作业提供技术支持。

参考文献:

- [1] 孟凡坤,苏玉亮,鲁明晶,任龙,崔静.长6特低渗透油藏重复压裂复杂缝网参数优化[J].石油钻采工艺,2015,37(4):87-91+95.
- [2] 蒲晓,郭大立,兰天,贺勇,赵运祥.低渗透油藏转向压裂产能预测及影响因素[J].新疆石油地质油藏工程,2021(01):76-81.
- [3] 张安顺,杨正明,李晓山,夏德斌,张亚蒲,骆雨田,何英,陈挺,赵新礼.低渗透油藏直井体积压裂改造效果评价方法[J].石油勘探与开发,2020(02):409-415.

作者简介: 范淑慧(1987.02-),女,汉族,山东东营人,硕士研究生,工程师,研究方向:固井压裂技术;郭凯凯(1986.11-),男,汉族,山东东营人,本科,工程师,研究方向:固井与压裂技术。

