

# 注水井小规模缝网压裂优选及试验效果分析

任众

(大庆油田有限责任公司第八采油厂地质研究所 黑龙江 大庆 163000)

**摘要:** 由于低渗透油藏储层孔喉孔隙狭窄物性差的原因,导致注水井地层吸水能力弱,以及长时间的生产,引起井口压力持续不断提高的情况,是油田注水开发需要面对的巨大挑战。为了提高低渗透油田油压高注水井的增注效果,在采取其他增注措施均不理想的情况下,选取 X 区块的 A 注水井进行了缝网压裂增注技术试验。缝网压裂工艺原理与储层特征相结合,确定注水井缝网压裂增注工艺中的压裂液用量及支撑剂用量参数的合理性;压裂后,通过与历史上其他措施相对比,发现缝网压裂增注效果明显。结果表明,缝网压裂大量的压裂液可以起到补充地层能量,从而达到降压增注的作用,可以有效地改善油压高井区的开采效果,在油田的措施增注研究中有较好的发展前景。

**关键词:** 低渗透油田; 注水井; 缝网压裂; 降压增注

X 区块位于某油田东南部,主体发育席状砂,有效厚度低,含油饱和度低,储层物性差。随着开发时间的延长,该区块注水井普遍呈现油压高的状况。如何解决因为注水井油压高注不进水而导致采油井产量低的问题,成为该区块面临的巨大挑战。

目前,在缝网压裂的研究上国内进行了大量的现场试验工作及室内模拟<sup>[1]</sup>实验,取得了一定的成果。通过各种不同的平面模型,确定形成裂缝的不同力学条件,发现可以适用缝网压裂工艺的条件,缝网压裂技术在油田中普遍应用于采油井,很少在注水井中采用这种增注技术。为提高油压高注水井增注效果,改善井组的采出情况,选取 A 注水井进行缝网压裂增注技术研究。

该区块内 A 注水井,连通的两口采油井投产初期产量稳定,中期递减速度快,油层后续能量不能及时补充,影响了注水开发效果。为改善油压高的注不进去水的情况,对该井先后采取了酸化和普通压裂措施。均没有达到预期效果。

## 1. 开发简况

A 井位于某油田东南部,含油面积\*\*km<sup>2</sup>,地质储量\*\*×10<sup>4</sup>t,储层以三角洲前缘~滨浅湖亚相沉积为主,钻遇 XX~XX 层等\*个单元,非主体砂钻遇率\*\*%。砂岩厚度\*\*m,有效厚度\*m,空气渗透率为\*mD,原始地层压力\*MPa。投产初期采用散点井网方式布井,连通两口采油井井 1 和井 2。采油井初期产量较好,井组日产油 7.2t,由于注水井欠注,

高压生产 33 个月,导致地层能量不足,采油井中期产量递减快,井组日产油 4.2t,采油速度为 1.01%,采出程度为 18.56%,累积注采比为 1.37,综合含水 78.7%。

## 2. 注水井小规模缝网井层优选

缝网压裂是储层中裂缝的延伸净压力大于两个水平主应力的差值时所产生的分支缝,分支缝沿着天然裂缝继续延伸,最终可形成多缝的"缝网"系统<sup>[2]</sup>。目前这项压裂技术多数应用于油井的措施增产中,为了改善注水井油压高完不成注水的状况,借鉴油井缝网压裂的思路,选取注水井进行缝网压裂。

### 2.1 考虑开发因素

一、优选注水井储层厚度大,砂体连片发育,物性好并且具有 2 个以上主力层的注水井;

二、选取因注水井油压高完不成配注,导致连通油井产量递减快的井;

### 2.2 考虑工程因素

一、根据井下微地震监测方法,观察裂缝的形态和方向,裂缝应具有一定的长度和宽度,并且裂缝的方向应与最大水平主应力的方位基本一致。

二、通过声幅测井法确定水泥的胶结情况,选取固井质量好的井,通过声波变密度测井选取注水井套管良好的井,选取的注水井没有套漏历史,并且能够实现分层测试和分层注水。

综合上述几点因素在 X 区块选取了 4 口具有小缝网压裂潜力的水井,考虑历史措施情况,与常规压裂比改造规模大,试验技术本身的先进性情况,选取 A 井进行小缝网压裂。该井在符合上述优选条件外,在历史上分别进行过酸化和常规压裂措施。

### 3.注水井小规模缝网方案优化

#### 3.1 压裂液体系

缝网压裂在不同阶段要采取不同的工艺,考虑压裂成本,首先选择由清水、优质瓜儿胶和低摩阻滑溜水组成的复合压裂液体系。采用在清水中添加少量粘土稳定剂的方法,防止粘土膨胀运移,大大降低了压裂液对储层的危害<sup>[3]</sup>。

根据室内模拟的结果,确定压裂液用量为 1500–2000m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>。

#### 3.2 支撑剂

该井压裂层段油藏埋藏深度为 1478–1492m,结合 X 油田外围低渗透油田支撑剂选用标准,选择粒径为 0.425–0.850mm 的石英砂作为缝网压裂的支撑剂,单层段支撑剂用量依据模拟结果进行优化。

#### 3.3 施工情况

为控制施工成本,对该井实施压裂施工,现场成功压裂 4 段,工艺成功率为 100%;压裂液用量为 1930m<sup>3</sup>,支撑剂用量为 60m<sup>3</sup>。

该水井压裂后,为保证地层压力,当井口压力降至 9.3MPa 后,起出压裂管柱,同时完成注水井分层作业。

### 4.效果分析

#### 4.1 注入能力增强

##### 4.1.1 小缝网压裂效果分析

该井压裂前油压 20.3MPa,日注水 2m<sup>3</sup>,压裂后油压下降了 11.0MPa,日注增加 13m<sup>3</sup>;截止目前有效期已经超过 792 天;累积增注达 1.36 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。

##### 4.1.2 历史措施效果对比

该井于 2014 年 11 月实施酸化,酸化前油压 20.2MPa,日注水 2m<sup>3</sup>,酸化后油压降低 0.1MPa,日注水增加 8m<sup>3</sup>,有效期仅 4 天,累积增注 25m<sup>3</sup>。

在 2015 年 4 月周期开井后油压为 19.6MPa,日注 20m<sup>3</sup>,

4 个月后油压上升至 20.3MPa,日注水 2m<sup>3</sup>,阶段注水 661m<sup>3</sup>。同年 10 月对该井全井普通压裂,压裂后油压下降 5.2MPa,日注水增加 18m<sup>3</sup>。压裂后 2 个月失效,阶段累积增注 980m<sup>3</sup>。

### 4.2 动用状况改善

水井压裂后,连通的 2 口油井产量明显提高,目前平均单井已累积增油 217t。开发效果得到显著改善。对比注水井吸水剖面资料可知,A 井压裂前正常注水时只有 3 个主力层吸水,压裂后各小层均吸水,吸水砂岩厚度比例由 78.0 提高到 100%,储层动用状况得到明显改善。对比连通油井井 2 的产出剖面资料发现,措施前只有三个层产液,措施后各小层产液量均有所改变,注水井调整受益。

### 4.3 与常规压裂井效果对比

缝网压裂与常规压裂相比,压裂液为常规压裂的 12.9 倍,加砂量为 2.9 倍,有效期延长了 651 天,初期在注水量相差不大的情况下,注水压力低 3.5MPa,平均单井累计多增注 1.23 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>

### 5 结论

- 1.常规增注措施效果不理想的水井,可以借鉴油井小缝网压裂的思路,进行小缝网压裂增注措施
- 2.与常规初次压裂井相比,小缝网压裂能够有效改善水井的吸水能力,措施后压降幅度大,有效期长,累积增注多
- 3.注水井小缝网压裂后,能够有效提高储层的动用状况,提高油井产量,改善油田的开发效果

### 参考文献

- [1]薛承瑾.页岩气压裂技术现状及发展建议[J].石油钻探技术,2011,39(3):24–29
- [2]李亚龙.页岩储层压裂缝网模拟研究进展[J].石油地球物理勘探,2019,54(2):480–492
- [3]陈涛平.石油工程[M].石油工业出版社,2011:390–412
- [4]张伟华.低渗透油田注水井缝网压裂增注技术研究[J].采油工程文集,2015,3:14–17

作者简介:任众、女、1992 年 3 月、2015 年 7 月毕业于东北石油大学石油工程专业、学士学位、工作单位:第八采油厂地质研究所、岗位:动态管理