

# 延长油田大位移水平井压裂缝优化研究及应用

吴东军<sup>1</sup> 卫捷<sup>2</sup> 冯宁<sup>3</sup> 王祎婷<sup>4</sup> 张新印<sup>5</sup>

延长油田股份有限公司七里村采油厂<sup>1</sup> 陕西 延安 717111

延长油田股份有限公司七里村采油厂<sup>2</sup> 陕西 延安 717111

西部钻探录井工程分公司西北分院<sup>3</sup> 新疆维吾尔自治区 库尔勒 841000

延长油田股份有限公司勘探开发技术研究中心<sup>4</sup> 陕西 延安 717200

延长油田股份有限公司七里村采油厂<sup>5</sup> 陕西 延安 717111

**摘要:** 延长油田七里村矿区属于典型的低渗透岩性油藏,油藏天然能量弱,采收率低。为了提高开采效率,引入大位移水平井多段压裂开发方式。采用油藏数值模拟方法对大位移水平井压裂缝参数进行优化,结果表明压裂缝条数和压裂缝缝长对采收程度影响较大,具体参数需根据储层物性进行优化。现场对大位移水平井的进行应用表明,产油量是同区域直井产量的11倍,增产效果显著。

**关键词:** 大位移水平井,低渗透油藏,水平压裂缝,数值模拟,裂缝优化

## 1 区域介绍

延长油田位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东部,作为中国陆上石油工业的发祥地,延长油田七里村采油厂的开发历史已经有一个多世纪。七里村采油厂目前主要开发层位为长6储层,主力油层为长6<sub>1</sub>底部、长6<sub>2</sub>和长6<sub>3</sub>小层。储层埋藏较浅,平均埋深约500~700m,压力系数约为0.9,地温梯度大约为3.1℃/100m,加上储层含油饱和度较低,属于典型的常温低压低孔特低渗透岩性油藏<sup>[1]</sup>。

由于长6油藏是典型的特低渗透率储层,油藏天然能量弱,因此,油井产量低、递减速度快是长6油藏目前面临的主要问题<sup>[2]</sup>。为提高开发效率,大位移水平井结合多段压裂的开发方式在长6储层进行了初步应用,取得了较好的开发效果。大量学者对水平井多段压裂或水平缝渗流模型进行了研究,但对于延长油田特殊的大位移水平井(弓形井)水平缝研究较少<sup>[3]</sup>,因此本文将通过油藏数值模拟方法对大位移水平井的压裂缝进行优化,并通过应用进行验证,为长6油藏的高效开发提供依据。

## 2 数值模拟模型建立

长6储层受多期河流沉积影响,储层砂体分布较广,储层连续性好,隔夹层分布明显。为了准确模拟压裂缝对开发的影响,本文根据前期研究成果建立三维地质模型进行研究。研究区孔隙度主要分布范围为0.1%~11.65%,平均值为7.9%;储层渗透率模型是在孔隙度模型与实际地质条件的约束下建立的,渗透率范围为0.01~10mD,平均渗透率为0.98mD,含油饱和度分布于40%~71.2%之间<sup>[4]</sup>。

根据测井曲线和地质资料建立的精细地质模型网格

总数为109098个,网格大小为25m×25m×2.4m,为了体现隔夹层分布,垂向上划分有58个网格,已建立的模型栅状图如图1所示。

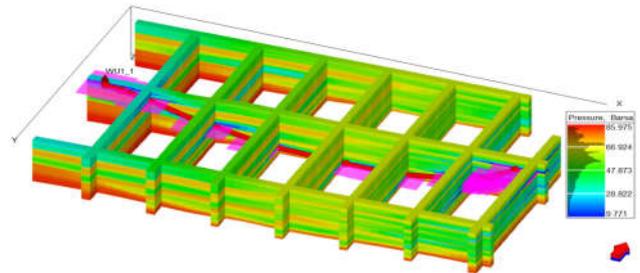


图1 模型栅状图

由于储层构造应力大于垂向应力,因此长6油藏大多数井压裂后形成水平缝<sup>[5]</sup>。为了压裂形成更多的水平缝,因此采用大位移水平井(弓形水平井)进行开发。模型中部钻一口弓形水平井,弓形井穿过整个长6储层,水平井地面投影长度为1260m。对弓形井穿过的油层进行射孔并压裂,进一步进行压裂缝条数和裂缝半长的优化研究。

## 3 压裂缝优化

### 3.1 压裂缝条数优化

研究区储层渗流能力差,流体基本上只能通过压裂缝流入井筒,当水平段长度一定时,流体渗流时裂缝条数间相互存在的干扰作用会对开采产生一定影响,因此需要对压裂缝条数(裂缝间距)进行优化。由于该区域压裂缝主要以水平裂缝为主,文中分别模拟4、6、8、10条裂缝进行模拟,研究裂缝条数对产能的影响,压裂缝采用嵌入式裂缝进行模拟<sup>[6]</sup>。

根据模拟结果可知,压裂缝条数对产油量影响较

大,当水平压裂缝越多时,累产油量越高,如图2所示。当水平缝个数逐渐增加时,产油量增加有限。水平缝越多,产能递减越快,产能递减速率跟裂缝条数成正比。

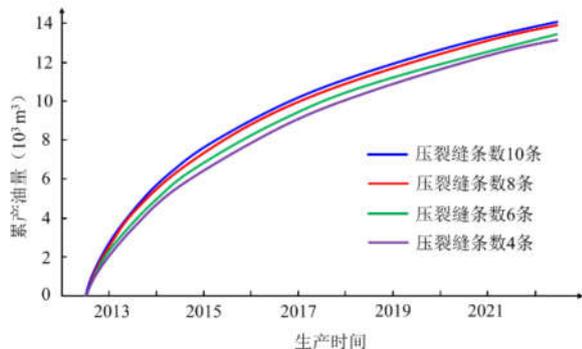


图2 不同压裂缝条数时累产油

### 3.2 压裂缝半长优化

压裂缝长度影响泄流半径,但不同缝长与压裂规模相关,因此需要研究裂缝半长对产能的影响。文中设计了压裂缝半长分别为20 m、30 m、40 m、50 m、70 m五种情况进行模拟研究。

整体来看,随着裂半长的增加累产油量增加;当水平缝半长小于40m时,产能接近;当水平缝半长大于50m时,产能增加明显。压裂缝半长越大,产能递减越快,如图3所示。。由于弓形井压裂水平缝不考虑注水影响,因此压裂缝越长,渗流面积越大,产能越高。若采用弓形水平井开采,可最大程度的增加压裂缝半长,提高产油量。若弓形井和直井协同开采,并考虑注水影响,可进一步对裂缝半长进行优化研究。

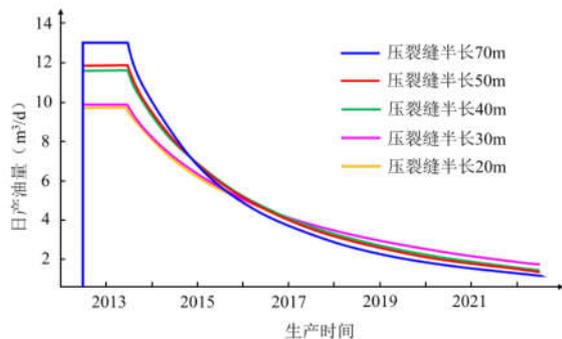


图3 不同压裂缝半长时日产油对比

### 3.3 水平井水平缝注水开发

长6油藏天然能量弱是制约其高效开采的主要因素,而注水补充地层能量是油气开采最常用的方式。为了研究水平井开发方式下注水效果的影响,在地质模型的基础上设置一注一采两口水平井,进一步研究水平井注水对开发的影响。通过模拟结果可以明显看到注水开发能够大幅度的增加产油量,提高开发效果,如图4所示。

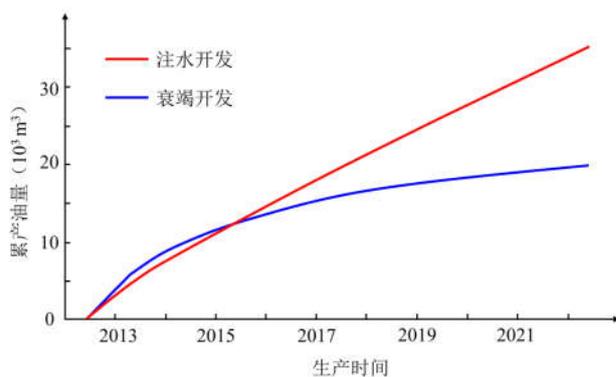


图4 不同开发方式时产油量对比

## 4 实例应用

七里村采油厂郑庄西区Z027井区储层平均渗透率不足1mD,储层压力为4.5MPa-6.3MPa之间,主要生产层位为长6<sub>1</sub>、长6<sub>2</sub>,其次为长6<sub>3</sub>,平均单井初月月产油31.5t,平均单井稳定月产油9.6t。

采油厂于2014年7月在郑庄西区长62小层完钻一口大位移水平井,该井是采油厂的一口水平井,完钻井深1366米,水平段长700米,总位移1003米。QP1井水平段在长6<sub>2</sub>小层控制含油面积0.172km<sup>2</sup>,平均油层厚度取值12.0m,控制地质储量约为7.88×10<sup>4</sup>t。QP1井水平段共进行了6段压裂,压裂效果较好。

根据排采情况可知,该水平井最高产油量可达15t/d,生产一年后的平均产油量仍有4.5t/d,该水平井初月月产油347t,产油量是同区域直井产量的11倍,增油效果显著,QP1井排采曲线如图5所示。因此,大位移水平井结合多段压裂的方式对开采延长致密油储层有很好的开发效果。

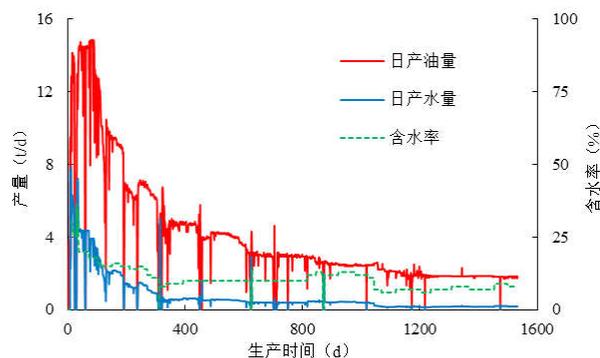


图5 QP1井排采曲线

## 5 结论

① 大位移水平井多段压裂开发方式在延长油田东区长6油层取得了较好的增产效果,可以进一步在全区进行推广开发。

② 由于长6油藏中各个油层物性变化较为明显,在实

际开发过程中需要根据实际储层物性对钻完井参数和压裂缝参数进行优化。

③ 长6地层能量低、递减快,采用注水方式能够有效补充地层能量,提高采收率。

#### 参考文献

[1]杜贵超,胡双全,石立华,等.七里村油田长6油层组储层特征及孔隙演化[J].岩性油气藏,2015,27(01):51-57.

[2]杨悦,李相方,卢巍,等.浅层低渗油藏压裂水平裂缝直井产能方程推导及应用[J].科学技术与工

程,2013,13(24):7015-7020.

[3]孟选刚.长6油层压裂水平缝渗流模型及有效开发方式研究[D].西南石油大学,2016.

[4]冯宁.低渗油藏多层水平缝弓形水平井渗流机理研究[D].西南石油大学,2020.

[5]魏明臻,王鸿勋.水平裂缝参数优化技术研究[J].断块油气田,1999,06(3):36-39.

[6]王超文,彭小龙,冯宁,等.煤层气藏数值模拟垂向网格优化[J].煤田地质与勘探,2018,46(05):117-122.