

苏里格气田下二叠统储层改造难点及对策

才博¹ 王欣² 蒋廷学² 舒玉华² 段瑶瑶²

1.中国地质大学(北京)能源学院 2.中国石油勘探开发研究院廊坊分院

才博等.苏里格气田下二叠统储层改造难点及对策.天然气工业,2009,29(12):59-61.

摘要 苏里格气田储层具有“低孔、低渗、低压”的特点,水力压裂改造成为开发该气田的主要手段。由于储层物性变化大、多薄层等原因,单井压裂改造裂缝参数在井网中效应的优化难度很大,施工参数很难考虑地应力剖面的纵向控制效果。因此,针对压裂改造中的突出难点,提出了相应的解决对策:建立单井与井网匹配优化模型,充分利用数值模拟、裂缝参数优化、应力剖面分析技术和裂缝闭合优化等技术。应用上述配套技术,使得压裂改造的裂缝参数与储层的匹配更加紧密;根据应力特征优化的参数更有针对性,有利于获得合理裂缝剖面;利用所提出的小型压裂技术进一步增强了对储层的认识和对压裂工艺的提升。为苏里格气田的储层改造和压裂效果的评估提供了技术支持。

关键词 苏里格气田 储集层 压裂 改造 封隔器 管柱 地应力 解释

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.12.019

1 压裂改造特点

苏里格气田压裂大部分采用双封隔器不动管柱油管进液的分层压裂方法改造储层、压后合采的方式进行生产,另一部分井采用环空进液合压的方式。从施工曲线看,该区域部分井没有明显的破裂压力^[1],延伸压力呈现裂缝较为平稳延伸的状况,破裂压力不明显的主要原因一方面是液氮助排对实际压力显示的影响,另一个原因则可能是部分井有少量的天然裂缝或钻井诱导裂缝,但天然裂缝并不发育。

施工的一般排量平均为 $3 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右,前置液平均为 40%,砂量平均 28 m^3 左右,加砂强度平均 $3.2 \text{ m}^3/\text{m}$,平均砂比 23%,单层用量液平均 380 m^3 ,单层加砂量平均 28.3 m^3 ,氮液比平均 3.7%。停泵压力变化较大,说明区域上裂缝延伸净压力有一定的变化,也在一定程度上反映了区域上岩性、物性等都有一定的变化。

采用前置液液氮助排的方式改善了压后返排率,压后返排率 70%~95%,多数在 85% 以上。

2 压裂改造难点及对策分析

2.1 人工裂缝与井网的匹配关系

2.1.1 难点分析

裂缝参数很难针对储层物性系统进行优化^[2],

由于苏里格气田井网已逐步完善,裂缝参数的优化还应充分考虑到单井在井网中的效应。因此,在压裂设计中很难有一个明确的经济目标函数。

2.1.2 对策研究

针对以上难点,采取的对策是进行裂缝系统与现有开发井网和储层物性参数之间的优化匹配研究,使压裂的优化目标函数从单井范畴上升到整个开发井网的范畴。通过对目标区块气藏物性的研究实验,以及开发井或探井生产动态的历史拟合^[3-4],确立目标区块的渗透率等关键物性参数,并使用气藏数值模拟软件建立包含井、气层和水力裂缝的水力压裂计算单元的气藏数值模拟模型。在此模型的基础上,在不同物性条件下,通过对比不同裂缝长度和裂缝导流能力对井的产能动态、含水上升情况、累计产量和采出程度等的影响规律,以确定不同物性条件下合理的缝长和导流能力等裂缝参数。优化的裂缝参数也是施工参数和工艺优化的指导方针,施工参数的优化目标将是以实现整体压裂裂缝参数为目标函数。图 1、2 为某区块固定井网条件下,渗透率为 $0.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 下不同缝长和导流能力的优化结果曲线图。

2.2 施工参数优化

2.2.1 难点分析

由于裂缝参数的优化研究难度大,导致施工参

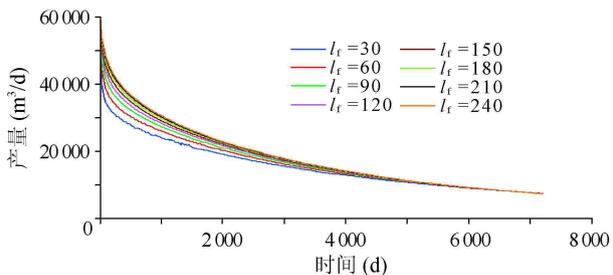


图1 $f_{cd}=30$ 时优化缝长日产气图

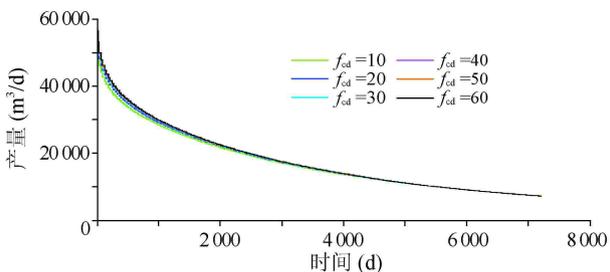


图2 $l=150$ m 时优化导流能力日产气图

数的设计更加困难,会出现一些对于物性条件好的层低砂比施工,物性差的层反而采取高砂比施工,针对性和与储层的适配性相对较差;以前置液及加砂强度为例,通过施工参数与储层关键物性三因素(气层厚度、渗透率、孔隙度)乘积之间的关系分析,储层物性直接影响气藏对裂缝长度以及导流能力的需求,换言之,也就直接影响了施工参数的优化结果。

2.2.2 对策研究

在优化完缝长和导流能力对储层改造的需求的基础上,优化施工参数的目的在于如何实现施工缝长和导流能力的需求。因此在施工参数优化之前,应当首先分析地应力值在目的层的应力分布情况。在此基础上来优化各个参数的数值。

利用测井资料,可以解释目标井的地应力剖面^[5-6],一般目的层与隔层应力差为 8~12 MPa,有利于裂缝高度的控制。但部分井由于相邻遮挡层较薄,存在裂缝相对容易上延或下延的情况,同时,同一射孔段内的气层层段之间有一定的应力差异,因此必须根据每口井的地应力解释结果来优化排量、砂比、规模等参数。

2.3 支撑剖面优化

2.3.1 难点分析

苏里格气田储层在纵向上具有多层分布的特点,因此目前苏里格气田压裂大部分采用双封隔器不动管柱油管进液的分层压裂的方法改造储层,压后合采的方式进行生产。分层压裂—工具分压,全部层施工结束后统一返排,如果先压裂层压裂液浸

泡时间长,会增加水锁效应和伤害^[7]。同时又由于先压裂层不放喷,可能对滤失较低的层压力传导慢,在裂缝处于张开的状态下,随着压后温度场的变化,压裂液破胶,必然产生支撑剂沉降而使得支撑剖面得不到优化。

2.3.2 对策研究

2.3.2.1 破胶剂用量优化

根据施工时间和温度场的变化以及施工的顺序优化每层破胶剂的加量,如第一层与第二层的施工间隔为 40~60 min,则实际第一层压后停泵到开井放喷的时间为 2~3 h,结合压裂液体体系破胶剂评价结果,因此可以优化第一层施工破胶剂的追加剖面为 0.01%、0.015%、0.02%、0.025% 和 0.03%,其中胶囊破胶剂的比例为 60%。这样第二层破胶剂的追加剖面为 0.03%、0.04%、0.05% 和 0.06%,其中胶囊破胶剂的比例为 35%。

2.3.2.2 缝高控制优化

通过使用沉式隔离剂在裂缝底部形成压实的低渗透区,阻止裂缝向下延伸。可通过线性胶携带小粒径陶粒,进裂缝后停泵沉降到缝底,起到控制裂缝高度向下过度延伸的作用。图 3、4 为裂缝易向下延伸情况,通过采取前置液支撑剂停泵沉降可以实现合理剖面的优化。

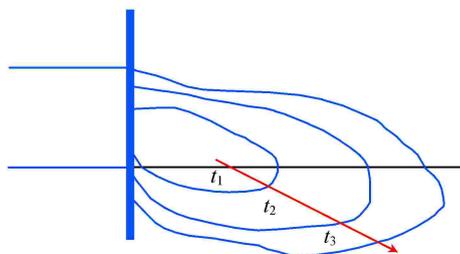


图3 裂缝易向下延伸图

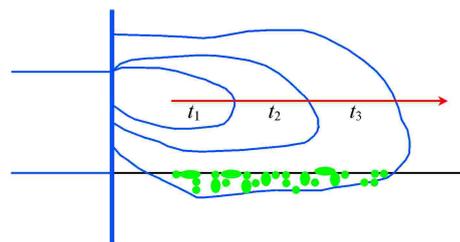


图4 利用支撑剂沉降优化支撑剖面图

2.4 测试分析技术

2.4.1 难点分析

对于已改造和未改造的井,需要进行例如小型压裂测试等技术以获取地层参数,为进一步压裂改造提供技术支持。

2.4.2 对策研究

为了解地层参数,保证主压裂施工顺利进行,在主压裂施工前进行一次小型测试压裂,即用少量的液体(10~20 m³)不加砂施工,最终泵车分批停泵,变化几个排量台阶,每个台阶持续30 s左右。小型压裂的主要目的是了解地层闭合压力、延伸压力、滤失情况、天然裂缝发育情况、近井摩阻、孔眼摩阻、压裂液效率等,在加深对储层认识的同时,调整施工参数,确保施工成功。通过计算可以得到裂缝闭合压力,再利用G函数、平方根、双对数曲线,认识天然裂缝发育情况,指导压裂施工参数,使施工顺利完成,并获得很好的效果。因此通过测试分析既有利于施工的完成,也能分析出效果与储层之间的关系。

3 结论

1)系统的储层压前评估技术是苏里格气田压裂设计研究的基础,也是合理的压裂方式(分压、合压)确定的保障。

2)优化不同物性条件下的裂缝参数,包括缝长和导流能力,使单井的优化上升到整个井网和长期开采动态中,同时认识到气藏对导流能力的真实需求,也使单井的压裂方案在整体方案的指导下更为合理。

3)从储层的地应力剖面出发,分析目的层裂缝的延伸情况是设计各个参数的基础,利用施工参数优化以及支撑剂沉降和强制闭合等技术优化支撑剖

面。根据分层压裂的各层的特点,优化破胶剂用量和放喷方式也是合理优化支撑剖面的技术之一。

4)压前小型压裂分析,有利于施工的顺利完成和达到认识储层的目的,从而从工艺的角度来分析压裂改造效果的好与坏,有利于指导下一步工作。

5)通过应用该技术,使得压裂改造的裂缝参数与储层的匹配更加紧密;根据应力特征优化的参数更有针对性,有利于获得合理的裂缝剖面,为苏里格气田的储层改造工作提供了新的技术手段。

参 考 文 献

- [1] 万仁溥.采油工程手册[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [2] 李明志.油气井酸化压裂新技术[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [3] 蒋廷学.压裂施工中井底压力的计算及应用[J].天然气工业,1997,17(5):90-92.
- [4] 张啸枫,唐俊伟,位云生,等.苏里格气田单井生产动态分析与研究[J].西南石油大学学报,2009,31(3):110-114.
- [5] 蒋廷学,汪绪刚,刘继霞.压裂气井稳态产能研究[J].天然气工业,2003,23(2):82-84.
- [6] 戴庆,戴江,周宏权.压裂井产能预测理论曲线分析[J].西南石油大学学报,2009,31(2):74-76.
- [7] 刘贵宾,孟庆平,刘桂君,等.苏里格深层气田压裂技术应用研究[J].油气井测试,2009,28(1):68-70.

(修改回稿日期 2009-10-09 编辑 韩晓渝)