

Cause analysis and countermeasures of fracturing sand plugging in Jin58 Well area of Dongsheng gas field

Peng Chen

Research Institute of Engineering Technology, SINOPEC North China Oil and Gas Company, Zhengzhou, Henan, 450007, China

Abstract

The reservoir gas wells in Dongsheng gas field require hydraulic fracturing to obtain production, but due to engineering and geological reasons, the fracturing process can easily cause sand plug during construction, affecting the production of the compressed gas wells and increasing operating costs. In response to the problem of sand plug during the fracturing process, the characteristics of the fracturing sand plug curve were analyzed. The influence of factors such as formation, fracturing fluid, proppant, construction command, and design on sand plug during fracturing construction was analyzed. The causes of sand plugging were identified, and effective solutions were found for the causes. So as to minimize the occurrence of sand plugging, effectively improve the quality of work and improve construction efficiency.

Keywords

Dongsheng Gas Field; Hydraulic fracturing; Sand plug; Analysis; Countermeasure

东胜气田压裂砂堵原因分析及对策

陈鹏

中国石化华北油气分公司石油工程技术研究院, 中国·河南 郑州 450007

摘 要

东胜气田储层气井需要通过水力压裂才能获得产量, 但压裂过程中由于工程和地质方面的原因, 容易引起施工砂堵, 影响压后气井产量, 增加作业成本。针对压裂过程中砂堵问题, 对压裂砂堵曲线特征进行了分析, 分析压裂施工中地层、压裂液、支撑剂、施工指挥、设计等因素对压裂施工砂堵的影响, 找出造成砂堵现象出现的原因, 针对出现的原因找到有效的解决措施。从而尽量降低砂堵现象发生, 有效提高作业质量和提高施工效率。

关键词

东胜气田; 水力压裂; 砂堵; 分析; 对策

1 概况

东胜气田位于泊尔江海子断裂以南, 储层致密且非均质性^[1]。近年来通过水力压裂技术取得了较好的气井产量。但是, 压裂施工过程中, 砂堵也是一种经常发生的现象, 会造成压裂液等物质材料严重的浪费, 从而提高施工成本^[2-3], 还会造成相关管线和设备的损坏及井下事故^[4-5]。砂堵后压裂液长期停留在储层中, 对于储层也会造成损坏, 影响到压裂的效果^[6]。但随着压裂规模和砂量的提升, 砂堵率也逐渐升高, 砂堵后一般需要采用连续油管冲砂, 处理时长平均为 4.5 d, 这不仅延长了施工周期, 而且耽误了气井产能快速释放^[7]。目前砂堵研究主要从理论、压裂液及现场管控进行分析总结, 对施工曲线发生砂堵的特征分析偏少, 本文通过施

工曲线的特征分析, 找出砂堵发生的原因, 总结归纳砂堵时压裂曲线的特点和类别, 提出符合实际的防控措施, 为施工过程中及时做出正确决策和压裂设计优化提供参考^[8]。

2 砂堵原因分析

在压裂施工过程中, 砂堵现象指的是因为裂缝的产生造成的脱砂或者支撑剂等引起的压裂施工压力上升, 造成压裂被迫停止的现象。压裂过程中的砂堵现象主要分为两种: 脱砂和桥堵。砂堵的原因主要分为地质因素和工程因素^[9-10], 其中地质因素包括砂体厚度较薄且泥岩发育、储层弹性模量高导致窄缝、天然裂缝发育、泥质含量高、砂体歼灭等, 工程因素包括设计中前置液比例低、砂比高, 压裂液性能差、支撑剂杂质多压裂车排量不稳、混砂车供液不畅等。砂堵主要表现为近井地带脱砂和裂缝端部脱砂^[11]。

压裂施工中砂堵往往是多个因素共同作用造成的, 为了使问题更加明确, 根据初步分析的结果将压裂施工井砂堵

【作者简介】陈鹏 (1983–), 男, 中国河南西平人, 硕士, 助理研究员, 从事油气藏增产与测试技术研究。

的主因分为以下几类：地层条件、压裂设计、压裂液性能、现场施工管控等因素。

2.1 地层条件

东胜气田储层物性较好，渗透性较高，孔径大，可能导致压裂液大量滤失，从而缝宽不足，压裂砂聚集在缝口附近导致砂堵；锦 58 井区已开发近 10 年，目前老井长时间开采使地层压力下降，压裂时压裂液容易大量滤失进地层，导致压裂过程中泵压持续较低，为防止压窜邻井，无法提高施工排量，易在井筒中脱砂导致砂堵。

2.2 压裂设计

压裂设计针对不同的地层应该有一定的针对性，压裂施工主要为造缝加砂，压裂设计中前置液比例过小可能导致造缝不足，后期压裂砂进入时空间不足引起砂堵；如果压裂设计中支撑剂粒径选择过大，而压裂造缝缝宽过窄，支撑剂进入裂缝后容易引起堵塞，堵砂；另外，过高的砂比、压裂规模过大也是引起砂堵的原因。

2.3 压裂液性能

压裂液是压裂施工中最重要材料，除了传递压力还要将支撑剂携带进入裂缝，如果压裂液性能不达标，将大幅增加施工风险。压裂液的稳定性和抗剪能力直接反映在剪切和高温度条件下运砂的能力，压裂液在其中流动时，容易促使井筒附近的一些支撑剂在裂缝中产生沉降，产生摩擦性和阻力。压裂液性能变差时，悬砂能力变差，会导致压裂砂在水平段沉淀，当沉淀量足够多时，则会引起砂堵。

2.4 现场施工管控

在施工过程中，由于人为失误破胶剂加量过多导致压裂液黏性下降，压裂液携砂能力变低，可能造成砂堵；在施工过程中，由于某些原因，设备可能出现故障，如压裂泵车

刺漏、混砂车无法供液等导致运送压裂液能力不足，施工排量受限，施工排量偏低，无法提升排量进行施工，可能引起砂堵。加砂不平稳、砂子中有杂物、支撑剂浓度不稳定，井下工具损坏等因素也会导致砂堵。

从前期施工井的砂堵主要因素来看，压裂液性能 > 地层条件 > 现场施工管控 > 压裂设计。具体实例如图 1：

曲线特征：本段施工地层破裂后初始油压 40MPa 左右，在 14% 砂比阶段油压开始缓慢上升，表现为缝宽不足特征，30% 砂比压力突降表现为高滤失特征。

原因分析：携砂液初期压力持续上涨，说明地层摩阻不断增大，可能是前置液阶段造缝缝宽不足所致，在砂比 25% 阶段压力快速下降，可能是由于缝高失控所致，造成液体滤失加剧，在 30% 砂比进入地层后压力出现突升，此时裂缝内脱砂现象已经比较严重，最终造成砂堵。

本井砂堵主要原因：地层因素、设计前置液比例偏小具体实例如图 2。

曲线特征：本段施工地层破裂后初始油压 40MPa 左右，在 21% 砂比前油压缓慢下降，施工正常，之后突然升高，表现为缝口脱砂特征。

原因分析：该井位于乌兰吉林断裂带附近，天然裂缝较发育；盒 1-2 层砂厚约 11m，结合邻井导眼段测井图，纵向上遮挡效果较差，第十二段整体物性较好；整体施工压力整体呈持续下降趋势，降幅达 10MPa 左右，说明压裂液滤失比较严重，砂子逐渐封堵天然裂缝造成了后续压力逐渐升高，但此时提高砂比，也加剧了砂子的堆积，造成砂堵。

本井砂堵的主要原因：天然裂缝发育导致液体滤失增大，现场调整不及时，具体实例如图 3。

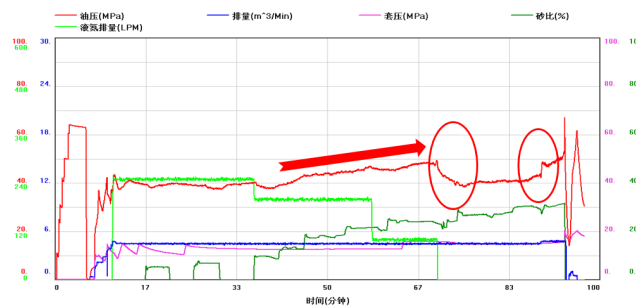


图 1 J1 井旗 4 段施工曲线

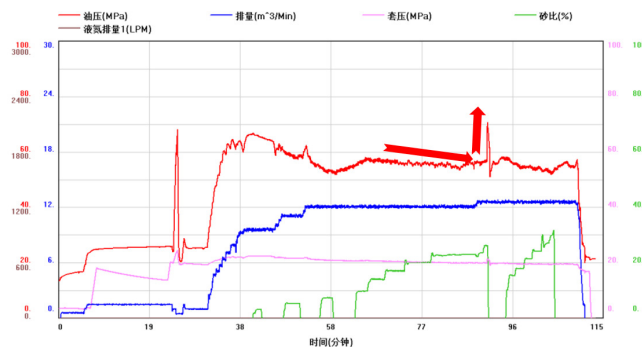


图 2 J2 井第十二段施工曲线

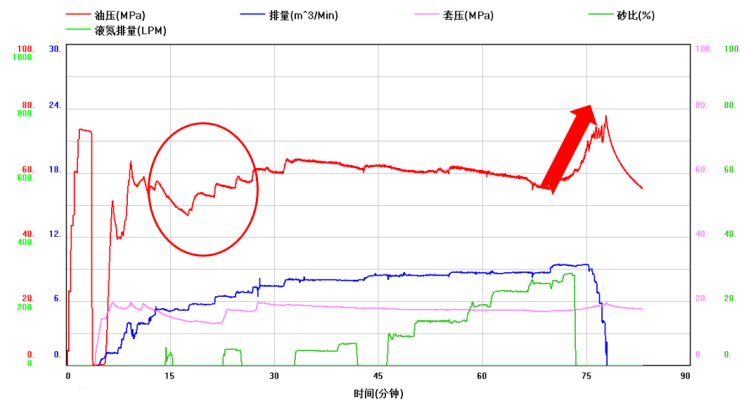


图3 J3井第一段施工曲线

曲线特征：本段施工地层破裂后初始油压 58MPa 左右，地层压力较高，无法快提设计排量，施工过程压力呈缓慢下降趋势，24% 砂比压力下下降较快表现为高滤失特征。

原因分析：该段前置液阶段地层破裂压力较高，地层破裂后压力下降明显，之后阶梯提排量造缝，但未能提高至设计排量，液体摩阻偏高，造缝效果不佳，在携砂液阶段高砂比（24%）下压力下降较快，滤失加剧可能导致缝内脱砂，造成砂堵。

本井砂堵的主要原因：压裂液性能差。

3 压裂施工砂堵对策

压裂施工砂堵对策主要从工程设计方面和现场管控方面进行优化。

3.1 工程设计方面

压裂液性能方面：为保证压裂液性能，对于天然裂缝发育的区块，压裂液瓜胶粉比进一步提高到 0.5%，压裂液基液粘度达到 60mPs 以上；

前置液比例方面：优化施工设计，混合水体积压裂（特别是天然裂缝比较发育的区块）提高前置液比例至 50% 左右，保证造缝效果；

支撑剂方面：对于储层比较致密，裂缝扩展困难的区块，支撑剂的粒径需要进一步优化为 70/140 目 +40/70 目 +30/50 目组合支撑剂，并适当增大小粒径比例，采用小粒径支撑剂段塞填充天然裂缝。

3.2 现场管控方面

压裂液性能方面：应该保证现场配液用水的水质符合要求矿化度小于 800ppm 的要求，同时保障压裂液罐清洁无杂质，避免因液罐内残存杂质影响压裂液性能；

添加剂方面：现场破胶剂、交联剂的加量应进一步加强管控，胶囊破胶剂应严格按照 0.02%~0.04% 比例加入，过硫酸铵破胶剂在主加砂阶段按照 0.015%~0.045% 比例加入，禁止提高比例，交联剂的加入以达到最佳交联效果为目标；设备方面：压裂队应保证压裂设备运行正常，满足设计要求排量，以及供液连续性；支撑剂方面：使用的支撑剂应保证无大块

杂质，避免支撑剂中杂质进入泵腔，影响压裂车运行。

4 结论

①分析了东胜气田压裂砂堵的原因，主要有工程设计和现场管控两方面因素，主要表现为地层泥质含量高，施工压力高达不到设计排量，地层裂缝发育或靠近断裂带、液体滤失量大，压裂液性能不达标，携砂性能差，易形成砂堵。

②针对砂堵原因，结合施工井储层性质和特点，在压裂过程中提高前置液比例、采取多段塞降滤失和打磨裂缝及炮眼、采用小粒径组合支撑剂、控制好压裂液携砂性能等措施，并加强压裂现场施工质量监管，从而保证了压裂施工成功，完成设计加砂量。

参考文献

- [1] 杨帆.东胜气田盒 2+3 段储层特征及中高产气层识别[J].石油化工应用, 2017, 36(5): 97-101.
- [2] 张慎.压裂砂堵问题分析及对策研究[J].化工管理, 2016.(1): 56.
- [3] 江鹏川.降低水力压裂施工过程中砂堵风险的措施[J].工业、生产, 2024.(1): 15-17.
- [4] 陈实等.压裂井砂堵原因分析及对策探讨[J].科学管理, 2019.(1): 290-300.
- [5] 于源等.压裂过程中砂堵处理方法的实践[J].技术装备, 2021.(2): 14-19.
- [6] 伊坤.压裂井砂堵原因分析及对策[J].化学工程与装备, 2022.(2): 80-81.
- [7] 张永春等.致密裂缝性油藏水平井压裂砂堵原因分析及对策[J].油气藏评价与开发, 2014, 4(6): 39-42.
- [8] 祁生金等.致密砂岩气藏压裂砂堵原因分析及对策[J].石油化工应用, 2023.42(10): 14-19.
- [9] 郭兴等.延长气田W区域本溪组砂堵分析[J].非常规油气, 2020.7(4): 97-105.
- [10] 翟恒立.非常规压裂施工砂堵原因分析及对策[J].勘探开发, 2015.(2): 130,165.
- [11] 李振鹏.老新区块压裂施工砂堵成因研究[J].江汉石油职工大学学报, 2023.36(6): 39-41.