

# 贵州织金地区煤层压裂对产能影响因素研究

杨胜洪

中石化重庆页岩气有限公司

**摘要:** 织金区块的煤储层压裂煤储层压裂施工的加砂强度、加液强度, 施工排量都是影响压后产能的主要因素, 加砂强度、加液强度、排量越高, 产生的裂缝半缝长会越长, 煤储层改造体积越大, 产气效果越好。

煤储层压裂规模可分为偏小、适中、偏大三种类型, 压裂规模偏小, 煤储层改造不充分, 产气效果差; 压裂规模适中, 煤储层改造充分, 水力裂缝与天然裂缝沟通好, 产气效果好; 压裂规模偏大, 破坏煤体结构, 产生较多煤粉, 堵塞渗流通道, 产气效果不好。煤储层压后支撑剂存在压嵌作用, 会在地层应力作用下, 支撑剂在嵌入煤的过程中, 降低渗流通道连通性, 进而影响裂缝内导流能力, 因此可以加入低密度支撑剂的物质, 提高支撑剂的支撑能力, 进而延长煤层气井产气时间。

**关键词:** 煤层气, 压裂, 施工参数, 产能, 压嵌作用

贵州素有“西南煤海”之称, 煤炭资源丰富, 埋深 2000m 以浅的煤层气资源量达  $3.06 \times 10^{13} \text{m}^3$ , 居全国第二, 仅次于山西<sup>[1]</sup>。主要含煤地层形成于二叠世龙潭期, 具有鲜明的煤层气地质条件, 煤储层具有“两弱、一低、一多、四高、四稳定”的特征, 即煤系地层含水性弱、煤岩变形相对弱、地层应力低、可采煤层数多(11~20层)、高地层压力、高解吸压力、高含气量、高资源丰度(1.43~2.83 亿方/平方千米)的赋存特点<sup>[2]</sup>。作为典型缝控气藏, 煤层气储层压裂造缝效果包括造缝规模、裂缝形式及复杂程度、压裂裂缝内部充填效果及压裂工艺与储层改造工程属性间的适配性对气井产能具有决定性控制<sup>[3]</sup>。目前织金工区的煤层单井压裂改造后产气效果未能完全达到预期, 需要进一步的压裂参数优化。

针对上述需求, 本文根据织金工区大小试验井组的气井压裂监控以及气井产能数据, 对本区块煤储层压裂改造效果开展评价, 并对煤储层压裂改造效果影响因素以及气井压裂效果对产能的制约机理展开初步讨论, 为下一步研究区煤储层压裂改造优化提供参考。

## 1 煤储层特征

织金区块龙潭组主要发育潮坪沼泽沉积, 局部发育三角洲, 为煤储层发育的有利环境。从研究区龙潭组纵向沉积叠置关系来看, 上部和下部是最有利的煤层发育段, 中部粗粒沉积物相对发育, 煤层层数少。受构造水文联合控制, 向斜核部富气的特征, 向斜核部水动力弱, 保存条件好, 含气性好。珠藏-阿弓-三塘次向斜埋深一般 700m 以浅, 地应力 10MPa 左右, 渗透率 0.1-0.7MD。煤体结构以原生-碎裂煤为主, 上部煤层含有少量构造-糜棱煤。研究区块压裂改造煤层为中下部煤层, 以碎裂煤为主, 易改造。

## 2 压裂参数分析

### 2.1 大小试验井组压裂总体情况

小试验井组压裂平均加液量 1333 方, 生产 3 年平均单井累产气 88.3 万方, 大试验井组压裂平均加液量 3370 方, 生产 3 年平均单井累产气 100 万方; 小试验井组压裂平均加砂量 98 方, 其单井

三年累产气量在 27.18 万方~147.16 万方之间; 大试验井组压裂平均加砂量 265 方, 其单井三年累产气量在 60.29 万方~143.78 万方。小井组的压裂施工排量平均在 1-5m<sup>3</sup>/min, 大井组的排量平均在 7-8m<sup>3</sup>/min, 大试验井组相比小试验井组的产气量更高, 压裂规模与产气量的具有明显的正相关性。

### 2.2 加砂强度和注液强度与产气量关系分析

以小试验井组的井分析, 三年累产气与加液强度、加砂强度表现出较好的正相关性。水力压裂中液体主要用于造缝和携带支撑剂, 加液强度越大表明储层改造越强, 砂子主要用于支撑裂缝通道, 加砂强度越高则表明多条渗流通道的良好建立, 据此可认为压裂规模是影响产能的核心因素。

### 2.3 裂缝显示监测

根据电位法裂缝监测结果显示, 织金区块大井组裂缝半长可达 120m, 较小井组(平均 52m)翻倍, 裂缝半长越长, 支撑剂能够到达裂缝远端支撑裂缝, 导流能力越强, 排采总液量越多; 根据三年累产气与总液量相关性分析, 大井组总液量达 4000m<sup>3</sup>, 预计三年累产气可达 300 万方, 是小井组 2-3 倍。

### 2.4 压裂施工曲线分析

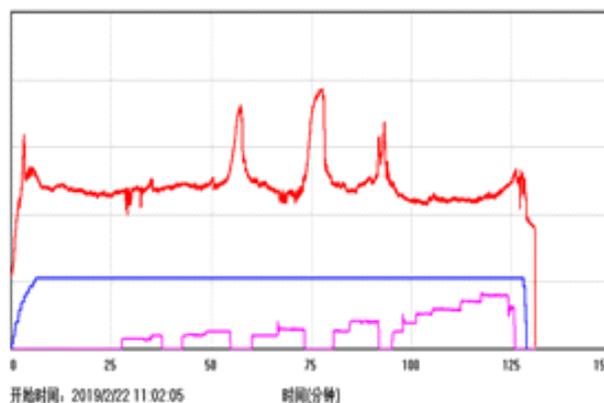


图 1 Z2-18-62 井第二段压裂施工曲线

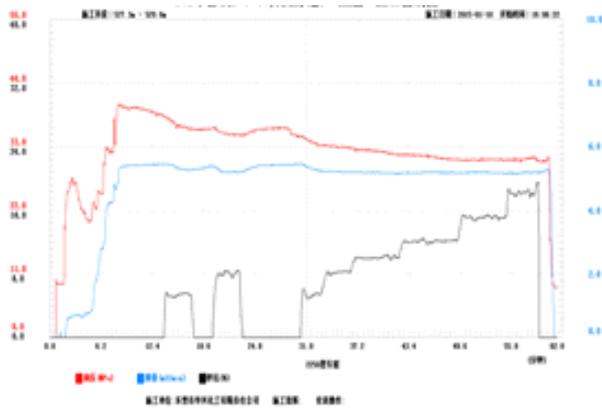


图2 Z2-8-56井第二段压裂施工曲线

大井组的压裂施工曲线一般会出现波动形态(图1),前期破裂压力很明显,后期又出现次压力波动,显示出明显的煤层破裂,而小井组的压裂施工曲线则是下降平稳型(图2),虽然裂缝也得到了延伸,但根据裂缝监测显示其改造体积相对于大井组小,间接证明了压裂规模越大,煤储层改造体积也越大。

### 3 压裂规模对排采的影响

研究区内大小试验井组的煤层气井随着加砂强度的增加,累计产气量呈上升的趋势,但加液强度超过 100 m<sup>3</sup>/m 左右时,累计产气量随加液强度的增加呈下降的趋势。反映出压裂规模并不是越大越好。加砂强度与累产气量呈较好的正相关关系,因此可以将加液强度视为判断压裂规模大小的参数。

煤层压裂规模可以按照实际压裂情况分成三类,即偏小、适中、偏大三种类型。当煤层气的压裂规模较小时,类似小井组的压裂模式,压裂产生的半缝长不长,只有部分裂缝与煤储层的原生裂缝连通,压裂液及支撑剂在煤储层中改造范围及支撑范围有限,原生裂隙通道缺少支撑剂的支撑,裂隙易闭合,导流能力较差,进而导致排采过程中的累计产气量及平均产气受到影响<sup>[4]</sup>。

煤层在压裂规模合适的情况下即压裂半缝长足够长,且与煤层原生裂隙连通形成缝网。同时对原生煤层伤害较小,产生的煤粉较少,使煤层气的排采有畅通的渠道,利于气井的产气。

当煤层的压裂规模偏大时,即使通道形成了缝网,但煤层破坏严重,生成大量煤粉,在裂缝中持续堆积,造成产期通道堵塞,降低产气时效的同时,影响抽油机的运行,容易造成卡泵,增加检泵作业时间。

### 4 压后裂缝内支撑剂压嵌特征

煤体压裂裂缝内支撑剂在嵌入过程中存在着 2 个临界压力,分别为嵌入应力和支撑应力,相应将裂缝内支撑剂嵌入煤的过程分为支撑剂压密、初始嵌入和嵌入支撑等 3 个阶段<sup>[6]</sup>:在支撑剂进入裂缝初期,裂缝的闭合应力逐步增大,支撑剂缓慢嵌入到煤储层中;当支撑剂的支撑应力与闭合应力达到平衡时,嵌入速率降低;但是在地层应力作用下,在地层应力作用下,支撑剂嵌入煤层的过程始终没有停止,部分支撑剂会出现整体嵌入煤体的现象,单个支撑剂或支撑剂簇作用于煤体表面形成压嵌裂缝和压嵌坑<sup>[7]</sup>,最终裂缝失

去支撑点呈现闭合的形态,进而降低裂缝导流能力影响产能<sup>[8-9]</sup>。因此在煤储层压裂改造中需要低密度的支撑剂类似纤维、核桃壳等,减缓支撑剂嵌入煤体内的时间<sup>[10]</sup>,达到增长裂缝导流能力,提高煤层气井产气时间。

### 5 结论

1、煤储层压裂施工的加砂强度、加液强度,施工排量都是影响压后产能的主要因素,加砂强度、加液强度、排量越高,产生的裂缝半缝长会越长,煤储层改造体积越大,产气效果越好。

2、煤储层存在压裂的适应性,可将压裂规模分为偏小、适中、偏大三种类型,压裂规模偏小,煤储层改造不充分,产气效果差;压裂规模适中,煤储层改造充分,水力裂缝与天然裂缝沟通好,产气效果好;压裂规模偏大,破坏煤体结构,产生较多煤粉,产气效果不好。

3、煤储层压后支撑剂存在压嵌作用,会使闭合应力作用下,支撑剂在嵌入煤的过程中,出现了支撑剂簇整体嵌入煤体表面的现象,单个支撑剂或支撑剂簇作用于煤体表面形成压嵌裂缝和压嵌坑,进而影响裂缝内导流能力,因此需要加入低密度支撑剂的物质,提高支撑剂的支撑能力,进而延长煤层气井产气时间。

### 参考文献:

[1]张懿,朱光辉,郑求根,张新宝,胡琴.中国煤层气资源分布特征及勘探研究建议[J].非常规油气,2022,9(04):1-8+45.  
[2]马代兵,陈立超.煤层气直井压裂效果及其对产能影响——以窑街矿区为例[J].煤炭科学技术:1-8.  
[3]程伟.贵州织金地区上二叠系龙潭组薄煤层煤层气成藏特征研究[D].中国石油大学(华东),2019.  
[4]李全中,倪小明,胡海洋.煤层气直井压裂规模对排采典型指标的影响[J].煤矿安全,2021,52(05):182-187.  
[5]张双斌,苏现波,郭红玉,林晓英.煤层气井排采过程中压裂裂缝导流能力的伤害与控制[J].煤炭学报,2014,39(1):124-128.  
[6]董光,邓金根,朱海燕,陈峥嵘.煤层水力压裂裂缝导流能力实验评价[J].科学技术与工程,2013,13(8):2049-2052.  
[7]郭建春,卢聪,赵金洲,王文耀.支撑剂嵌入程度的实验研究[J].煤炭学报,2008,33(6):661-664.  
[8]胡智凡,卢渊,伊向艺,肖阳,李沁,张紫薇,等.单层铺砂条件下支撑剂嵌入深度对裂缝导流能力影响实验研究[J].科学技术与工程,2014,14(5):232-234.  
[9]黄炳香,李浩泽,程庆迎,等.煤层压裂裂缝内支撑剂的压嵌特性[J].天然气工业,2019,39(04):48-54.  
[10]姚红生,陈贞龙,何希鹏,王运海,蒋永平.深部煤层气“有效支撑”理念及创新实践——以鄂尔多斯盆地延川南煤层气田为例[J].天然气工业,2022,42(06):97-106.

作者简介:杨胜洪(1995),男,助理工程师,从事非常规天然气开发。