

# 页岩气水平井多层裂缝水力压裂技术研究

李艳宏

(中石化江汉石油工程公司井下测试公司 408014)

**摘要:** 我国的页岩气资源十分丰富,但是,页岩气田的大规模开发的起步却比较晚,目前正处于初始和快速发展阶段。本文通过页岩气水平井多层裂缝水力压裂技术的原理和现状,以及存在的技术难题和原因分析,提出相应的对策,力求在页岩气开发上取得一些新认识,为相关人员提供一定的参考和借鉴。

**关键词:** 多层裂缝;页岩气;水平井;压裂技术研究

页岩气主要储存于富含有机质的泥页岩中,以及夹层状态的泥质粉砂岩、灰岩、砂岩和白云岩混合岩相等类型的地层中,其构成部分主要是吸附气和游离气两种成份。页岩气藏的烃源岩一般都是沥青质,或者是富含有机质的暗色泥页岩,以及高碳泥页岩类。页岩气藏的储层厚度一般在 15~100m 之间,孔渗的条件差,通常需要通过压裂改造才能生产出工业产量。但是,在页岩气藏储层的压裂改造会受到多种因素的影响,其中包括多层裂缝的影响。本文主要是通过页岩气水平井多层裂缝水力压裂技术研究,为页岩气水平井的压裂提供一定的理论和实践支撑。

## 1、页岩气储层压裂的原理和现状存在的技术难题

### 1.1 页岩气储层水力压裂的基本原理

我国页岩气资源的丰度低,为了达到储量动用的目的,必须对页岩气储层进行压裂改造,目前用得比较多的是水力压裂,其基本原理是:利用地面的高压泵,通过井筒向储气层挤压裂液。当压裂液注力的速度超过储层的吸收能力时,储层就会被压开而产生裂缝。如果不断向储层挤压裂液,裂缝也会在储层内部扩张。为了让裂缝始终处于张开状态,可以继续向储层挤入携砂液,在携砂液进入裂缝以后,一方面能够让裂缝继续延伸,另一方面也能够支撑已经压开的裂缝,防止其闭合。页岩气储层在实施水力压裂之后,产气量一般会大幅度增长。

### 1.2 页岩气储层压裂的现状

我国的耕地比较紧张,在页岩气的开采中许多情况下都采用水平井来开采,水平井的最大井斜角一般都达到或接近于 90°,不得不小于 86°,而在井里的目的层中一般要维持一定长度的水平井段,有时为了谋求一些特殊需要,最大的井斜角甚至会超过 90°。水平井除了是为了节约耕地,更是适用于薄的油气层或者是裂缝性的油气藏,可以增大油气储层的裸露面积,便于油气藏的开采,因此在页岩气的开采中水平井被得到广泛地应用。

### 1.3 页岩气水平井压裂面临的难题

在页岩气储层的水平井压裂中,由于各个裂缝尺寸往往会处于不断增大之中,一方面是在同一纵向上的每一个裂缝可能会连接起来构成一个大裂缝,另一方面是不同纵向上的小裂缝也可能发展成另外的大裂缝,最终形成多个大裂缝的纵横延伸,由此构成多层裂缝。而这些大裂缝往往都会对后层的水平井压裂带来不利的影响,由于个别裂缝的裂缝缝口宽度、曲折度等原因,有可能造成砂堵;或者是由于加砂工艺原因而发生砂堵。因此,在页岩气储的压裂施工中,多级裂缝会给水平井压裂施工带来诸多不利的影响。

## 2、页岩气储层多层裂缝产生的原因分析

### 2.1 地应力状况对多裂缝的影响

当水平地应力接近或者是相等时,这时井眼周向的破裂压力就不会有多大的差别,在各周向角处容易开启裂缝,由于有的裂缝的转向角可能会比较大,往往会造成裂缝轨迹上的弯曲和摩擦阻力上升,会开启更多的裂缝。而在同一纵向上所开启的裂缝,由于地应力的作用各个小的裂缝容易连接,可能会发展成为大裂缝;如果不同纵向的射孔同时开启,容易形成多个大裂缝。

### 2.2 天然微裂缝对多裂缝的影响

由于天然裂缝的存在,也会促进多裂缝形成。如果在射孔孔眼的周围有天然微裂缝,而天然微裂缝处的抗张强度往往为 0,而在不

存天然微裂缝的周围抗张强度往往会有几个兆帕。因此,在存在天然裂缝的地方容易产生多级裂缝。

### 2.3 井斜与地层倾斜对多裂缝的影响

由于井的斜度增大,裂缝开始起裂时方位不是铅直的,于是,裂缝在近井地带因为存在从一定倾角到铅直的发展,从而导致裂缝内摩擦阻力上升,往往会导致多个裂缝不能连接,容易产生多级裂缝,这也是斜井压裂困难的原因。

### 2.4 射孔对多裂缝的影响

由于射孔相位角和射孔位置的差别会对多级裂缝的形成带来影响,同时,因射孔的孔密不同,除了影响射孔的具体角度外,射孔的孔密是多级裂缝形成的另一个因素。另外,由于射孔段的厚度不同,在同一个纵向和周向角相同之处的各射孔的破裂压力不同,存在一定的差别,因此会沿着井筒轴向,并容易起裂,在多个射孔孔眼里就会产生多个人工的微裂缝。还有因射孔方式的不同,会为裂缝起裂创造机会,从而带来多级裂缝的形成。

## 3、水平井水力压裂中多裂缝的预防对策

### 3.1 多裂缝的预防方法

(1) 在页岩气水平井压裂中,因为水平井的斜度大,斜角一般都达到或接近于 90°,甚至超过 90°,容易产生多级裂缝,最好在压裂之前采用定向射孔,并将射孔的井段控制在合理的范围,选择合理的射孔方式,做到射孔枪要避免微环面的影响,从而增加射孔的密度,便于裂缝的连接。(2) 对于在压裂过程中已经产生了多级裂缝的储层,可以通过采取段塞技术创造主裂缝,主要包括粘性段塞与支撑剂段塞两个方面的段塞技术。其做法包括减小水平井射孔的井段跨度,采用支撑剂的段塞技术,从而增大泵的注排量,提高注入液体的粘度,可以提高水平井压裂施工的成功率。

### 3.2 水平井多级裂缝的预防实例分析

2015 年 9 月,某油田对页岩气水平井 TK241 井进行加砂压裂。该井的主要设计 requirements 是:①在前置液阶段,必须采取段塞粉陶加砂工艺,以利于降低缝内的摩阻,堵塞地层的裂缝产生,降低地层的滤失,以利于主导缝的生成,从而降低加砂的难度;②支撑剂选择 0.3~0.4mm 的小粒径陶粒段塞。在加砂的过程中,砂比以低起点、小台阶为原则,最大限度地实现线性加砂。通过以上主要设计要求的落实,使该井的加砂压裂施工获得了成功。

## 4、结论

我国的页岩气资源十分丰富,在页岩气田的大规模中为了有效节约耕地,并在薄的油气层或者是裂缝性的油气藏实施页岩气的开发,广泛地采用水平井,但在页岩气的水平井多层裂缝水力压裂中依然存在一些技术难题,必须不断改进压裂工艺技术,取得页岩气储层改造的最好效果,促进页岩气田开发水平的持续提高。

### 参考文献:

- [1]张瑛.页岩气储层水力压裂扩展有限元模拟方法及应用[J].天然气地球科学.2020(12)87-88.
- [2]任岚.页岩气水平井重复压裂产能数值模拟[J].天然气勘探与开发.2019(06)65-66.
- [3]薛仁江.济阳拗陷页岩储层水平井裂缝扩展数值模拟[J].西南石油大学学报.2019(03)85-86.