

# 岩气压裂试气工程技术进展

王传峰 李春贵

冀东油田西部分公司 陕西榆林 719000

**摘要:** 页岩气压裂技术是一种提高页岩气采收率的有效手段,近年来得到了广泛应用。本文通过对页岩气压裂试气工程技术的研究与分析,探讨了其技术进展。首先介绍了页岩气压裂试气工程的基本概念和工作原理,随后分析了页岩气压裂试气工程中存在的问题,如压裂液的选择、压裂参数的优化等。接着,针对这些问题,介绍了目前页岩气压裂试气工程中的主要技术进展,包括新型压裂液的应用、改进的压裂参数优化方法等。最后,展望了页岩气压裂试气工程技术未来的发展趋势,指出了其应用前景和存在的挑战。

**关键词:** 页岩气; 压裂技术; 试气工程; 技术进展; 压裂液; 压裂参数

## Progress of gas testing engineering for rock gas fracturing

Chuanfeng Wang Chungui Li

Jidong Oilfield West Branch, Yulin City, Shaanxi Province 719000

**Abstract:** Shale gas fracturing technology is an effective means to improve shale gas recovery, and it has been widely applied in recent years. This paper investigates and analyzes the technical progress of shale gas fracturing pilot projects through research. Firstly, the basic concepts and principles of shale gas fracturing pilot projects are introduced, followed by an analysis of the problems encountered in shale gas fracturing pilot projects, such as the selection of fracturing fluids and optimization of fracturing parameters. Subsequently, addressing these issues, this paper discusses the main technological advancements in current shale gas fracturing pilot projects, including the application of new fracturing fluids and improved methods for optimizing fracturing parameters. Finally, it provides an outlook on the future development trends of shale gas fracturing pilot projects, highlighting their application prospects and existing challenges.

**Keywords:** Shale gas; Fracturing technology; Gas test engineering; Technology progress; Fracturing fluid; Fracturing parameters

### 引言

页岩气的开采主要依赖于压裂技术,其中页岩气压裂试气工程是提高页岩气采收率的重要手段。随着页岩气开采的不断推进,页岩气压裂试气工程技术也在不断发展和完善。本文将通过对页岩气压裂试气工程技术的研究和分析,探讨其技术进展和未来发展趋势,旨在为页岩气开采提供技术支持和理论指导。页岩气压裂试气工程的基本概念和工作原理,分析了其存在的问题和挑战。随后,介绍了目前页岩气压裂试气工程中的主要技术进展,包括新型压裂液的应用、改进的压裂参数优化方法等。最后,展望了页岩气压裂试气工程技术未来的发展趋势,指出了其应用前景和存在的挑战。本文的研究结果和发现,对于促进页岩气开采技术的发展,提高页岩气采收率,具有一定的理论和实践价值。

### 一、页岩气压裂试气工程基本概念和工作原理

#### 1.页岩气压裂试气工程的定义和特点

页岩气是一种紧密结合的岩石中的天然气,通常是通过压裂技术来释放和开采。页岩气压裂试气工程是一种将高压液体注入岩石层并在岩石层中制造裂缝的工艺,以便释放其

中储存的天然气。与传统的石油和天然气开采相比,页岩气开采的特点在于,页岩气储层常常是低渗透性、非均质性和超深埋藏等特点,因此开采难度和技术难度较大。

#### 2.页岩气压裂试气工程的工作原理

页岩气压裂试气工程的工作原理是在页岩层上方凿出一个钻孔,将高压液体通过钻孔注入岩石层中,使岩石层产生微小的裂缝,以便释放其中储存的天然气。压裂液在注入岩石层时,需要承受较高的压力,以便产生足够的裂缝来释放天然气。压裂液一般由水、砂和化学添加剂组成。压裂参数是影响压裂效果的关键因素,包括压力、注液量、砂质量、压裂液的黏度和密度等<sup>[1]</sup>。

#### 3.常用的压裂液和压裂参数

##### (1) 压裂液

压裂液是压裂过程中注入岩石层中的高压液体,其主要成分包括水、砂和化学添加剂。水是压裂液的主要成分,占比约为 90%,砂是压裂液中的填料,用于填充裂缝,化学添加剂则是用来增加压裂液的黏度、稳定性和降低摩擦等作用。常见的压裂液包括水基压裂液、油基压裂液、液化石油气压裂液和泡沫压裂液等。其中,水基压裂液是最常用的一种压

裂液, 由于其成本低廉、易获得和较好的适应性, 广泛应用于页岩气压裂试气工程中。油基压裂液适用于高温、高压和酸性环境下的压裂作业, 但成本较高。液化石油气压裂液则是一种新型压裂液, 由于其高能量密度和相对较小的黏度, 可以提高压裂效率和产量。泡沫压裂液则是一种添加了表面活性剂的水基压裂液, 可以降低摩擦阻力、防止液体滑脱并增加压裂液的稳定性。



(2) 压裂参数

压裂参数是影响页岩气压裂试气工程效果的重要因素, 包括压力、流量、粘度、施工速度和注入量等。其中, 压力是最主要的压裂参数, 通常采用瞬时最大压力、平均压力和持续时间等指标来评估。流量是指单位时间内液体流过压裂井口的体积, 对于保持压力和扩展裂缝非常重要。粘度则是指液体流动阻力大小, 影响压裂液的渗透性和填充性。施工速度则是指压裂液注入的速度, 过快的注入速度可能导致压力波峰产生过度冲击, 从而影响压裂效果。注入量则是指压裂液注入岩石层的总量, 对于产生裂缝和填充裂缝都有重要影响。

在实际压裂作业中, 压裂液和压裂参数需要根据地质条件、岩石特征和实验数据进行合理选择和调整, 以达到最佳的压裂效果。

## 二、页岩气压裂试气工程存在的问题

页岩气压裂试气工程作为一种新兴技术, 虽然在一定程度上改变了传统天然气开采的方式, 但同时也存在一系列问题和挑战。本章将对页岩气压裂试气工程存在的问题进行探讨。

### 1. 压裂液选择的难点

在页岩气压裂试气工程中, 压裂液的选择是影响压裂效果的重要因素之一。虽然常用的压裂液种类已经被广泛应用于实际压裂作业中, 但是不同的页岩气储层特征和地质条件

对压裂液的选择也提出了新的挑战。例如, 某些页岩气储层富含泥质, 容易产生污染和堵塞问题, 此时需要选择相应的压裂液来应对。另外, 不同种类的压裂液在施工过程中需要满足不同的物理和化学性质要求, 对于压裂液的黏度、密度、稳定性和润滑性等也提出了新的要求。

### 2. 压裂参数优化的挑战

页岩气储层的地质条件和物理特性多种多样, 而压裂参数的选择和优化是保证压裂效果的关键因素。在实际压裂作业中, 压力、流量、粘度、施工速度和注入量等压裂参数之间存在着相互制约和协同作用的关系。同时, 压裂参数的优化还需要考虑岩石层的强度、应力状态、渗透性和裂缝扩展特性等多方面因素, 对于实现压裂效果的最大化和最优化仍存在着挑战<sup>[2]</sup>。

### 3. 其他问题及其影响

除了上述问题之外, 页岩气压裂试气工程还存在其他一些问题, 例如压裂液回收和处理问题、压裂施工过程中可能产生的环境污染等。此外, 压裂作业还需要考虑一些技术和管理问题, 例如操作人员技能和培训、施工质量监控和数据分析等。这些问题的存在可能会影响压裂效果、增加工作成本和安全风险, 需要加强管理和控制。

## 三、页岩气压裂试气工程技术进展

### 1. 新型压裂液的应用

随着技术的发展和研究的深入, 一些新型压裂液被引入到页岩气压裂试气工程中, 以取代传统的水基压裂液。其中, 最具代表性的是液体有机玻璃 (Liquid Glass) 压裂液和超临界 CO<sub>2</sub> (Supercritical CO<sub>2</sub>) 压裂液。

液体有机玻璃压裂液是一种无机-有机复合材料, 具有高的黏度和极低的渗透性, 可以在岩石裂缝中形成强固的固体结构, 有效提高了压裂效果。此外, 该压裂液还具有良好的环保性能, 不会对地下水资源和环境造成污染, 因此备受关注。

超临界 CO<sub>2</sub> 压裂液是一种新型的压裂液, 具有高的渗透性和较低的黏度, 能够快速渗透到岩石裂缝中, 使裂缝迅速扩展, 从而增加气体释放量。此外, 超临界 CO<sub>2</sub> 还可以被回收和再利用, 不会对环境造成污染, 因此也备受关注。

### 2. 改进的压裂参数优化方法

为了提高页岩气压裂试气工程的效果, 研究人员对压裂参数的优化方法进行了改进。例如, 采用大规模数值模拟方法来研究不同压裂参数的优化组合, 以获得最佳的压裂效果。同时, 还研究了不同岩石类型和不同压裂液的适用性, 并制

定了相应的压裂参数组合方案,以获得最佳的压裂效果。

此外,还开发了一些新型的压裂工具,如智能压裂管、高压气枪、高效液泵等,以提高压裂液的注入效率和压裂效果<sup>[3]</sup>。

### 3.其他技术进展及其优缺点

除了新型压裂液的应用和改进的压裂参数优化方法,还有一些其他技术进展值得关注。例如:

(1) 微地震技术。微地震技术可以用于监测压裂过程中岩石层的裂缝扩展情况,

以及评估压裂效果和优化压裂方案。这种技术可以通过检测微小的地震信号来确定压裂过程中岩石层中发生的微小裂缝,从而帮助工程师们更好地了解压裂效果和确定下一步操作。

(2) 多点水平井技术。传统的页岩气开采通常使用垂直井,然而,多点水平井技术可以使得开采范围更广,可以通过一个井口进行多个水平井的钻探,有效地提高了开采效率。

(3) 人工智能技术。人工智能技术可以用于优化压裂参数的选择和预测压裂效果,可以自动地对海量的数据进行分析 and 处理,快速确定最优的压裂参数,从而提高了开采效率。

这些技术进展都为页岩气压裂试气工程提供了更多的工具和方法,使得开采更加高效和可持续。然而,这些技术也存在一些局限性和缺陷,需要进一步研究和改进。例如,微地震技术的数据分析和解释仍然比较困难,多点水平井技术的施工难度较大,人工智能技术的应用也需要更多的实际验证和优化。因此,需要不断地进行探索和创新,为页岩气压裂试气工程提供更加完善和可靠的技术支持。

## 四、页岩气压裂试气工程技术未来的发展趋势

### 1.技术创新和进步

页岩气压裂试气工程技术在不断创新和进步,未来的发展趋势将会有以下几个方面:

(1) 研究新型压裂液。目前,页岩气压裂试气工程技术中的压裂液主要使用水基液体,但随着对环境保护和资源节约的要求越来越高,研究环保型、高效的新型压裂液成了一个重要的课题。例如,近年来涌现的无水液态破胶剂,既能替代压裂液中的砂,又可通过光化学反应减轻对环境的污染。

(2) 优化压裂参数。随着页岩气压裂试气工程技术的不断深入,越来越多的数据被积累和分析,因此通过模拟和

优化来确定压裂参数将会是一个重要的方向。例如,对于沉积速率不同的不同地层,需要通过不同的压裂参数来达到最佳效果。

(3) 发展可持续的页岩气生产。随着页岩气生产量的不断增加,一些问题也相应出现,例如岩石层的损伤、地下水资源的威胁等。未来,需要发展可持续的页岩气生产方式,探索新的注水技术、改进生产工艺等方面,以实现更加高效、环保的页岩气生产。



### 2.应用前景和市场需求

页岩气作为一种清洁、高效的能源,在能源领域具有广阔的市场前景和巨大的发展潜力。随着全球对清洁能源的需求不断增加,页岩气的开采和利用将会成为未来能源发展的重要方向。

据国际能源署的预测,到2030年,页岩气产量将达到约6.9万亿立方英尺,占全球天然气产量的35%以上。而在中国,页岩气也被列为“十三五”规划的重点领域之一。可以预见,未来页岩气压裂试气工程技术的应用前景将会越来越广泛。

### 3.存在的挑战和解决方案

(1) 环保问题。压裂过程中产生的废水和废料对环境有着潜在的危害,因此环保问题是页岩气开发中最重要的问题之一。为了解决这个问题,需要研究和开发更环保的压裂液,并探索回收废水和废料的方法<sup>[4]</sup>。

(2) 技术成本。页岩气开发的技术成本很高,这也是制约其发展的主要因素之一。为了降低成本,可以采用经济性更好的压裂液,优化压裂参数,采用更高效的生产技术等方式来提高生产效率和降低成本。

(3) 技术标准化。由于页岩气开发还比较新,缺乏相应的技术标准,导致不同厂家和项目之间存在技术差异,难以实现技术共享和标准化。为了解决这个问题,需要建立统一的技术标准和规范,推广优秀的技术和经验,促进技术共享和标准化。

页岩气压裂试气工程技术在未来仍然面临着一些挑战,但是随着技术的不断进步和发展,相信这些挑战都会得到有

效地解决,同时页岩气开发也将会在技术和市场需求的共同推动下取得更大的发展和进步。

## 五、结语

本文系统地介绍了页岩气压裂试气工程的基本概念、工作原理、常用压裂液和参数、存在的问题及解决方案,以及技术的未来发展趋势。虽然页岩气开采技术已经取得了很大的进展,但仍存在许多挑战和问题需要解决。面对这些挑战,需要不断创新和进步,加强技术研究和应用,提高安全和环保水平,以满足社会对能源需求的增长和环境保护的要求。相信通过不断努力和合作,页岩气开采技术将会迎来更加广阔的发展前景。

## 参考文献

[1]路保平,丁士东,等,中国石化页岩气工程技术新进展与发展展望[J].石油钻探技术,2018,46(1):1-9.

[2]刘合,孟思炜,苏健,等,对中国页岩气压裂工程技术发展和工程管理的思考与建议[J].天然气工业,2019,39(4):1-7.

[3]唐颖,唐玄,广源,等.页岩气开发水力压裂技术综述[J].地质通报,2011.

[4]阳希.深层页岩气分段压裂技术现状及发展建议[J].中国化工贸易,2018.

作者简介:王传峰(1986-12)男,汉,山东省聊城市,本科,工程师,从事的工作:油气田开发。