

# 涪陵页岩气压裂试气工程技术实践与认识

周小虎

中石化中原石油工程有限公司井下特种作业公司 河南濮阳 457000

**摘要:** 涪陵页岩气作为我国重要的非常规能源资源,其开发备受关注。文章聚焦涪陵页岩气压裂试气工程技术,详细阐述了在实践过程中所采用的各类压裂试气工艺、技术要点以及现场施工组织管理情况等内容,通过对压裂效果、试气数据等多方面成果的分析,总结出相关技术在该地区地质条件下的适应性及关键认识,旨在为后续涪陵页岩气进一步高效开发提供技术参考,同时也期望能给其他类似页岩气藏开发工程带来有益借鉴,推动我国页岩气产业不断向前发展。

**关键词:** 涪陵页岩气; 压裂试气工程; 技术实践; 开发效果; 适应性认识

随着全球能源需求持续增长且对清洁能源迫切追求,页岩气作为一种重要的非常规天然气资源,其开发利用渐渐成为能源领域焦点,而涪陵地区存有丰富的页岩气储量、开发潜力巨大,不过因页岩气储层有着低孔隙度、低渗透率等特点,导致开采难度较大,所以压裂试气工程技术便成了实现页岩气经济有效开发的关键环节。鉴于此,本文围绕涪陵页岩气压裂试气工程技术展开深入探讨,通过梳理实践过程、分析成果以及总结认识,以期助力涪陵页岩气实现更好的开发,并为行业发展积累经验。

## 1. 涪陵页岩气地质特征分析

涪陵页岩气具有独特的地质特征,在地层结构方面,其页岩储层处于特定地层序列内,岩性主要为富有机质页岩,厚度分布呈现出一定规律,并且各层之间接触关系颇为复杂,这对页岩气的赋存以及开采均有着显著影响<sup>[1]</sup>。在岩石物理性质上,孔隙度与渗透率整体处于偏低水平,含气饱和度处于一定范围,这些特性不仅制约着页岩气的渗流与开采,还决定了后续压裂试气工程技术实施的难度。从页岩气藏特征来看,多属于典型的自生自储型气藏,其压力系统有着自身特点,温度条件也会对气体状态以及开采工艺选择产生影响。这些地质特征是涪陵页岩气压裂试气工程技术实践时需要重点考量的基础,进而决定了工艺走向以及参数设置等关键要素<sup>[2]</sup>。

## 2 涪陵页岩气压裂试气工程技术实践

### 2.1 压裂工艺选择与优化

在涪陵页岩气开发中,压裂工艺的合理选择与优化关乎着页岩气开采的效率与最终采收率,其中水平井分段压裂

工艺作为常用手段之一,涪陵页岩气储层横向分布范围广,水平井可更大程度地穿越含气页岩层段以增加泄气面积,且分段压裂能针对不同储层段,借助封隔器等工具将水平井筒上设置的多个压裂段隔开,依次注入压裂液和支撑剂,精准控制压裂规模和裂缝延伸方向,进而形成相互独立又相互连通的复杂裂缝网络来有效提升页岩气的渗流能力。水力压裂工艺同样不可或缺,它依靠高压把压裂液注入地层,使页岩层产生裂缝并扩展,借助压裂液携带的支撑剂撑开裂缝以保持其导流能力<sup>[3]</sup>。

在涪陵地区,更是结合储层低孔隙度、低渗透率的特点,通过依据不同区块的地层压力、岩石力学性质等对水力压裂的参数如压裂液注入排量、压力以及支撑剂的浓度等进行细致优化,确保既能有效造缝,又能避免过度压裂造成地层伤害。此外,还会综合考量不同压裂工艺的协同应用,比如在一些复杂地质构造区域,先采用水力压裂进行初步造缝,再运用水平井分段压裂进一步拓展和优化裂缝网络,让各工艺优势互补。并且随着实践的不断深入,持续通过模拟分析、现场试验对比等方式对压裂工艺进行迭代优化,改进压裂工具,提高工艺的适应性和可靠性,以此为涪陵页岩气高效开发筑牢技术根基<sup>[4]</sup>。

### 2.2 压裂液体系研发与应用

页岩气储层具有特殊性,研发适用于其的压裂液体系有着明确目标与严格要求,既要具备低伤害特性,也就是要最大程度降低对储层岩石孔隙、渗透率等方面造成的损害以确保压裂后页岩气能够顺畅渗流,又要拥有良好的携砂能力,能在注入地层的过程中稳定携带支撑剂并使其均匀分布

在裂缝中,进而有效撑开并支撑裂缝、维持长久的导流能力<sup>[5]</sup>。为此,科研团队精心研制出通常包含水、增稠剂、交联剂、破胶剂等多种物质的特定压裂液体系,其中水作为基础溶剂,增稠剂可增加压裂液的黏度以使其更好地携带支撑剂,交联剂能进一步提升其黏弹性,破胶剂可在压裂施工结束后促使压裂液快速破胶返排,减少对地层的残留伤害。在实际应用方面,现场施工时会依据不同的储层地质条件、压裂工艺要求等因素精准调配压裂液的浓度、用量等参数,且在注入过程中密切监测压裂液的注入压力、流量等指标,确保其能按照预期在储层中发挥作用,形成理想的裂缝网络。并且通过对多口页岩气井应用情况的分析总结,不断改进压裂液体系,使其更好地适配涪陵页岩气开发,助力提升页岩气开采效果。

### 2.3 支撑剂优选与配置

支撑剂的优选与合理配置作为不容忽视的关键环节,对保障页岩气井长期稳定产气有着重要意义。支撑剂选择有着严谨依据,首要考量的是页岩储层的闭合压力,涪陵页岩气储层所处地质环境复杂,闭合压力大小各异,要求所选用的支撑剂必须能在相应压力条件下依然保持良好的抗压性能,避免因被压碎而致使裂缝闭合,进而影响页岩气的渗流通道。并且还要充分顾及裂缝导流能力的需求,唯有具备足够导流能力的裂缝,才可以让页岩气高效地从储层流入井筒。在实际应用中,存在多种可供选择的支撑剂类型,其中陶粒和石英砂是较为常用的两类,陶粒有着较高的强度,能够承受较大的闭合压力,在深层页岩气储层或者闭合压力较高的区域应用优势明显,其可长时间维持裂缝的开启状态,保障气体的顺畅流通。

石英砂成本相对较低,在一些中浅层、闭合压力适中的页岩气储层中应用较为合适,虽其强度稍逊于陶粒,但也能满足一定条件下的支撑需求。为实现更好的支撑效果,会依据不同储层的具体情况进行合理配置,比如在一些纵向跨度较大、不同层段闭合压力有差异的页岩气井中,会采用分层配置的方式,即在深层段选用陶粒,在浅层段搭配石英砂,以此来兼顾各层段的实际需求,达到最优的裂缝支撑效果,确保压裂后形成的裂缝能够长期稳定地为页岩气的产出提供良好的导流通道,助力涪陵页岩气开发实现高效、可持续的产气目标。此外,在施工过程中还需严格把控支撑剂的加入量、加入时间等参数,通过精准的操作,让支撑剂均匀分

布在裂缝之中,进一步提升整体的支撑质量与产气效果。

### 2.4 试气工艺与流程

试气工艺与流程是准确评估气井产能、掌握气藏特征的关键环节,先是要做好试气前的准备工作,即对井口装置进行精心安装与调试,确保其密封性良好且各部件能正常运行。与此同时,还要详细检查连接地面与井下的各类管线,保证其畅通无阻且耐压性能达标,以防在试气过程中出现泄漏等意外情况。压裂施工后会有大量压裂液残留于井筒及地层中,要进入排液阶段,需通过如自然排液、气举排液等合理的排液方式将其排出,其中自然排液依靠地层自身能量使液体缓慢流出井筒,气举排液是借助向井筒内注入高压气体,增加井筒内的压力差来促使液体快速排出,这一阶段的排液效果直接关系到后续试气获取数据的准确性。

当排液达到预期后,正式开启测试环节,在此过程中,会利用专业的测试仪器对井口的压力、温度以及产出气体的流量等关键参数进行实时、精准的监测与记录,且通过不同的测试方法,像稳定试井、不稳定试井等,来分析气井的生产动态特征,确定气井的无阻流量、产能等重要指标。稳定试井是在气井生产达到相对稳定状态下进行测试以获取稳定的产量与压力数据,不稳定试井是通过观察气井生产初期压力随时间的变化情况来分析气藏特性,并且整个试气过程中,需要严格遵循相关的安全规范与操作标准,让各环节紧密衔接,确保试气数据的可靠性,从而为涪陵页岩气后续的合理开发、科学管理提供有力的数据支撑,进而助力整个页岩气田高效、稳定地投入生产运营。

### 2.5 现场施工组织与管理

现场施工组织与管理涵盖多方面重要内容,从施工组织架构来讲,涉及包含施工单位、技术服务团队、监理部门以及建设单位等在内的多个参与方,其中施工单位负责依据既定方案开展压裂试气相关施工工作的具体现场操作。技术服务团队凭借专业知识和经验为施工提供诸如对压裂工艺参数、试气流程等进行精准指导的技术支持。监理部门要严格履行对施工全过程进行质量把控、安全检查的监督职责以确保每一个环节都符合相关标准和要求。建设单位起到统筹协调作用来合理调配资源保障施工所需物资、设备等能及时供应,各参与方分工明确且紧密协作进而形成一个高效有序的整体共同推动工程进展。

在安全管理方面,压裂试气施工存在像高压流体带来的

危险、易燃易爆气体的隐患等诸多潜在风险,必须制定并严格执行全面的安全管理制度,不仅要提前对施工人员开展使其熟悉各类操作规程以及应急处理办法的系统安全培训,同时还要在施工现场配备像防火、防爆、防泄漏等设备的完善安全防护设施并定期进行检查维护确保其处于良好的可用状态。环境保护同样不容忽视,在施工过程中需采取例如妥善处理施工产生的废水、废渣等废弃物,对废水进行净化处理达标后排放,废渣按照规定进行分类存放和转运以避免造成土壤、水体等污染的有效措施来减少对周边环境的影响。此外,进度控制也是关键一环,要依据施工计划合理安排各阶段的工作任务,通过定期的进度检查和分析及时发现并解决可能影响进度的问题,确保整个涪陵页岩气压裂试气工程按时完工,实现经济效益与社会效益的双赢。

### 3 涪陵页岩气压裂试气工程实践成果分析

#### 3.1 压裂效果评价

在压裂效果评价方面,借助先进的微地震监测以及井下成像等技术手段对压裂形成的裂缝网络展开深入且细致的分析,其中通过微地震监测能够精准捕捉压裂过程中岩石破裂产生的微小地震信号,并以此反演裂缝的形态、尺寸及其在储层中的分布情况。经研究发现,经过优化的压裂工艺可在涪陵页岩气储层中形成较为复杂且广泛、相互交织且连通性良好的裂缝网络,这样极大地增加了页岩气的泄气面积,有效改善了储层原本低渗、低孔的不利状况,从而为页岩气从储层流向井筒创造了更为有利的渗流通道。而井下成像技术可直观呈现出裂缝在井筒附近以及储层内部的具体形态,从图像中能清晰看到裂缝的开度、延伸方向等关键信息,对比不同压裂方案实施后的井下成像结果可知。随着压裂工艺的不断优化调整,裂缝的延伸更加符合预期,其对储层的改造效果也愈发显著,比如一些采用新型压裂液体系和优化压裂参数的区域,所形成的裂缝网络更加均匀、致密,进而有效地提升了页岩气的采收率。

与此同时,通过对比不同压裂方案实施后的产气效果,也进一步验证了压裂工艺优化的合理性与有效性,像在采用更具针对性的水平井分段压裂结合水力压裂协同工艺的区域,气井的初始产气速度明显加快,并且在长期生产过程中,产气的稳定性也得到了较好的保障,气井的递减率有所降低,这充分表明了合理的压裂工艺能够激活更多的页岩气资源,使其可以持续地被开采出来。

#### 3.2 试气数据解读

针对涪陵页岩气试气过程中获取的包含产量、压力、温度等在内的大量关键数据,进行全面且深入的整理与分析,在将这些数据绘制成相应的变化曲线后,便能清晰地看到气井在不同生产阶段的生产动态特征,比如在气井刚投产的初期,产量往往会呈现出先快速上升然后逐渐趋于稳定的过程,且压力会随着产气的进行出现一定程度的下降,通过对这些变化曲线展开分析,就能够把握气井的产气规律以及产能变化趋势。同时结合地质模型,利用试气数据进一步计算气井的无阻流量、产能等重要指标,无阻流量作为衡量气井产气能力的关键参数,其计算结果能够为气田开发方案的制定提供核心依据,并且通过对多口气井无阻流量进行分析对比,还能够合理划分不同气井的产能级别,进而为后续的生产管理、资源配置等方面提供科学指导。例如对于无阻流量较高的气井,可适当增加其生产配产,以充分发挥其产气潜力,而对于无阻流量相对较低的气井,可以通过开展二次压裂等进一步的措施优化来提高其产气能力。

### 4 总结

综上所述,涪陵页岩气压裂试气工程技术在实践中通过不断优化压裂工艺、完善试气流程以及合理组织现场施工等操作,不但在压裂效果方面实现了对储层的有效改造并提升了产气能力,而且试气数据能够为气田开发方案制定提供科学依据。此外还认识到不同地质条件对技术的影响以及未来技术改进的方向,而这些源于实践所形成的认识对涪陵页岩气后续开发以及我国页岩气产业整体发展均有着重要的参考价值,因而值得持续深入研究并进行应用拓展。

#### 参考文献:

- [1] 刘伟,唐晓明,房超,等.页岩气随钻导向钻井技术发展现状与趋势[J/OL].石油机械,1-9[2025-10-01].
- [2] 祝效华,邓开创,刘伟吉,等.深层页岩气提速钻头定制设计与应用[J/OL].石油机械,1-7[2025-10-01].
- [3] 卞小强,张纪龙.页岩气水平井脉动水力压裂地应力场扰动机理[J/OL].石油机械,1-8[2025-10-01].
- [4] 杨学锋,周安富,常程,等.页岩气井压裂返排液地化性质与返排特征——以四川盆地泸州地区为例[J].断块油气田,2025,32(05):790-797.
- [5] 王泽东,侯伟,石婷,等.页岩气水平井用纳米封堵剂NADF的制备与性能评价[J].化学工程师,2025,39(09):57-61.