

页岩气井组合工艺优选

郭梁柱 杨万里 杨光富 杨兵

中国石油西南油气田，四川省泸州市，644400；

摘要：页岩气作为重要的非常规天然气资源，其开采技术的优化与提升对于保障国家能源安全具有重要意义。在页岩气井的开采过程中，组合工艺优选是提高开采效率和产量的关键手段之一。本文将从工程师的角度出发，探讨页岩气井组合工艺优选的相关问题，以期为企业工程师们提供有益的参考和借鉴。

关键词：页岩；气井；工艺优选；天然气资源

DOI：10.64216/3080-1508.25.04.019

随着全球能源需求的不断增长，非常规天然气资源，尤其是页岩气的开发，已成为能源领域的重要议题。页岩气藏因其特殊的储层特性，开采难度较大，需要综合运用多种工艺技术来提高开采效率和经济效益。组合工艺优选作为页岩气井开发的关键环节，通过科学合理的选择和优化，能够显著提升气井的产量和开采周期，降低开采成本，具有重要的现实意义和应用价值。

1 页岩气资源的重要性

页岩气资源不仅对于满足全球能源需求具有重要意义，而且在能源结构调整和环境保护方面也发挥着不可替代的作用。随着技术的不断进步和开采经验的积累，页岩气的开采效率和经济性将进一步提升，其在全球能源供应中的地位也将日益凸显。因此，深入研究页岩气井组合工艺的优选，对于推动页岩气资源的有效开发和利用，具有重要的战略意义。

2 页岩气开采面临的挑战

页岩气开采过程中，面临着诸多挑战。一方面，页岩气藏的储层特性复杂，如低渗透性、高压、高温等，这增加了开采的难度和成本。另一方面，页岩气开采过程中可能产生的环境问题，如水资源污染、地面沉降等，也对开采技术提出了更高的环保要求。因此，如何在保证开采效率和经济性的同时，兼顾环境保护，成为页岩气开采技术发展的重要方向。组合工艺优选作为提高开采效率和经济性的关键手段，其研究和应用对于克服这些挑战具有重要意义。

3 组合工艺在页岩气井开发中的应用意义

组合工艺在页岩气井开发中的应用，不仅能够针对页岩气藏的复杂储层特性进行科学合理的开采设计，还能够通过优化工艺流程，降低开采过程中的能耗和排放，减少对环境的负面影响。通过综合运用多种工艺技术，如水平井钻井、水力压裂、微地震监测等，组合工艺优选能够实现开采效率和经济性的双重提升，为页岩气资源的可持续开发提供有力支持。

4 页岩气井开采技术概述

4.1 页岩气藏特点

页岩气藏具有低孔、低渗、有机质含量高、吸附能力强等特点，这使得其开采难度远大于常规天然气藏。因此，必须采用一系列先进的技术手段来提高采收率。

4.2 主要开采技术

目前，页岩气开采主要采用水平井钻探、水力压裂、多层合采等技术。这些技术的综合运用，对于提高单井产量、降低开采成本具有重要意义。

5 组合工艺优选原则

5.1 地质适应性

组合工艺的优选首先应考虑地质条件。不同地区的页岩气藏具有不同的地质特征，如地层压力、温度、岩石力学性质等。因此，在选择组合工艺时，必须充分考虑地质适应性，确保工艺的可行性和有效性。

5.2 经济性

经济性是组合工艺优选的另一个重要因素。在保证开采效果的前提下，应尽量降低投资成本和运营成本。这要求我们在优选工艺时，要进行详细的经济分析，选择性价比最高的方案。

5.3 环保性

随着环保意识的日益增强，组合工艺的环保性也成为了一个不可忽视的因素。在选择工艺时，应尽量减少对环境的影响，采用环保型压裂液、回收废水等措施，降低开采过程中的环境污染。

6 页岩气井组合工艺优选方案

6.1 水平井与水力压裂组合工艺

水平井钻探能够增大储层的泄流面积，提高页岩气的产量。而水力压裂技术则能够有效控制裂缝的起裂，形成稳定的裂缝，提高页岩层的渗透性。将水平井与水力压裂技术相结合，可以充分发挥两者的优势，实现开采效率的最大化。在实际应用中，通过精确的地质勘探

和储层评价,确定合理的井眼轨迹和压裂参数,确保工艺的有效实施。该组合工艺在多个页岩气田的实际应用中取得了显著成效,不仅提高了单井产量,还有效降低了开采成本,具有广泛的应用前景。因此,将水平井与水力压裂技术相结合,可以显著提高页岩气井的开采效率。在实际操作中,应根据储层特点和开采需求,优化水平井的钻探轨迹和水力压裂的施工参数,确保工艺组合的最佳效果。

6.2 排水采气与泡排组合工艺

页岩气井进入低压低产阶段后,井筒积液严重,携液生产困难。此时,采用排水采气与泡排组合工艺可以有效解决这一问题。排水采气工艺通过降低井筒积液量,提高气井的携液能力;而泡排工艺则通过向井筒注入起泡剂,降低积液的表面张力,使其易于排出。将两者相结合,可以进一步提高气井的开采效率。在实施过程中,应根据气井的实际情况,选择合适的排水采气措施和起泡剂类型,确保工艺组合的有效性。该组合工艺在实际应用中,需对井筒积液量进行准确评估,以确定合理的排水采气措施。同时,起泡剂的选择也至关重要,需根据积液的性质和开采条件进行筛选,以达到最佳的起泡效果。通过排水采气与泡排组合工艺的实施,不仅可以有效解决井筒积液问题,还能提高气井的开采效率,延长开采周期,为页岩气井的稳产高产提供有力保障。因此,在页岩气井进入低压低产阶段后,采用排水采气与泡排组合工艺是一种有效的开采策略。

6.3 气举与柱塞气举组合工艺

气举和柱塞气举是两种常用的排水采气措施。气举通过向井筒注入高压气体,提高积液的排出效率;而柱塞气举则利用柱塞在井筒中的上下运动,推动积液排出。将气举与柱塞气举相结合,可以进一步提高排水采气效果。在实际操作中,应根据气井的积液情况和开采需求,优化气举和柱塞气举的施工参数,确保工艺组合的最佳效果。

这种组合工艺能够充分利用气举和柱塞气举各自的优势,形成互补效应。气举通过高压气体的注入,为积液提供了强大的推动力,使其能够快速排出井筒。而柱塞气举则通过柱塞的上下运动,有效地搅拌和推动积液,避免了积液在井筒中的积聚和堵塞。将两者相结合,不仅可以提高积液的排出效率,还能减少因积液问题导致的开采中断和设备损坏,从而提高开采的稳定性和可靠性。

在实施气举与柱塞气举组合工艺时,需要对气井的积液情况进行详细评估,以确定合理的施工参数。同时,还需对注入气体的压力和流量进行精确控制,以确保工艺的有效实施。此外,柱塞的选择和设计也至关重要,需根据井筒的直径和积液的性质进行定制,以达到最佳

的排水采气效果。

通过气举与柱塞气举组合工艺的应用,页岩气井的开采效率将得到显著提升。这种组合工艺不仅能够有效解决井筒积液问题,还能提高气井的产量和开采周期,为页岩气资源的可持续开发提供有力支持。因此,在页岩气井的开采过程中,气举与柱塞气举组合工艺具有重要的应用价值和发展前景。

6.4 瘦身井与压裂组合工艺

瘦身井是指通过缩小井眼和套管尺寸,提高钻井速度、节约材料费用的工艺技术。将瘦身井与压裂技术相结合,可以在降低钻井成本的同时,提高页岩气井的开采效率。在实施过程中,应根据储层特点和开采需求,优化瘦身井的设计和压裂的施工参数,确保工艺组合的有效性。瘦身井的设计能够减少钻井过程中对储层的破坏,降低钻井液漏失量,从而有利于后续的压裂作业。而压裂技术则通过形成裂缝网络,提高页岩层的渗透性,使更多的页岩气能够流入井筒。将瘦身井与压裂技术相结合,可以充分发挥两者的优势,实现开采成本的最小化和开采效率的最大化。在实际应用中,需要对储层的地质特征进行详细分析,以确定合理的瘦身井尺寸和压裂参数。同时,还需对钻井液和压裂液的性能进行优选,以确保工艺组合的有效实施。该组合工艺在页岩气井的开采中,不仅能够降低钻井成本,还能提高单井产量和开采周期,具有重要的经济价值和应用前景。因此,将瘦身井与压裂技术相结合,是一种具有广阔应用前景的页岩气井开采策略。

7 组合工艺优选实例分析

7.1 页岩气井水平井与水力压裂组合工艺应用

页岩气井采用水平井与水力压裂组合工艺进行开采。通过优化水平井的钻探轨迹和水力压裂的施工参数,实现了开采效率的大幅提升。该井在钻探过程中,采用了先进的地质勘探技术,准确确定了储层的位置和特性,为水平井的钻探提供了有力支持。同时,在水力压裂阶段,通过精确控制压裂液的注入压力和排量,形成了稳定的裂缝网络,有效提高了页岩层的渗透性。这一组合工艺的应用,不仅显著提高了单井产量,还有效降低了开采成本,为页岩气资源的有效开发提供了有力保障。该实例的成功实施,进一步验证了水平井与水力压裂组合工艺在页岩气井开采中的优越性和可行性,为其他页岩气井的开采提供了宝贵经验和借鉴。因此,在未来的页岩气井开发中,水平井与水力压裂组合工艺将继续发挥重要作用,为页岩气资源的可持续利用做出更大贡献。

7.2 页岩气井排水采气与泡排组合工艺应用

当页岩气井进入低压低产阶段后,为了有效提升开采效率,通常会采用排水采气与泡排组合工艺进行综合

开采。具体操作中,通过科学合理地降低井筒内的积液量,并适时注入适量的起泡剂,使得井筒内的气体携液能力得到显著增强。这样一来,原本因积液过多而受限的气井产能得以逐步恢复,产量也随之逐渐提升,从而确保了气井在低压低产阶段的稳定生产。这一案例充分证明了排水采气与泡排组合工艺在解决页岩气井低压低产问题中的有效性。

7.3 页岩气井气举与柱塞气举组合工艺应用

页岩气井在排水采气过程中,采用了气举与柱塞气举相结合的复合工艺技术。通过对气举和柱塞气举的各项施工参数进行细致的优化调整,包括气举压力、气量分配、柱塞运行频率等关键因素的精准控制,该井的积液排出效率得到了显著的提升。积液的快速有效排出,不仅减少了井底压力的负担,还极大地改善了气井的生产环境,使得气井的产量得以稳定且持续地提升,确保了气井的高效运行和长期稳定产出。这一案例充分证明了气举与柱塞气举组合工艺在页岩气井排水采气中的优越性。

8 页岩气井组合工艺优选的未来发展趋势

8.1 技术发展趋势

8.1.1 新型压裂液研发

随着页岩气开采技术的不断进步,新型压裂液的研发将成为技术发展的重要方向。传统的压裂液在性能上存在一定的局限性,如高温稳定性不足、对储层伤害大等问题。因此,研发具有更高性能、更低伤害的新型压裂液,对于提高页岩气井的开采效率和产量具有重要意义。新型压裂液应具备更好的流动性和渗透性,能够更有效地进入储层裂缝,提高裂缝的导流能力。同时,新型压裂液还应具备更好的耐高温、耐高压性能,以适应复杂的地质条件。

8.1.2 智能化开采技术应用

随着人工智能和物联网技术的不断发展,智能化开采技术将成为页岩气开采领域的重要趋势。通过引入智能化设备和技术,可以实现对开采过程的实时监测和精准控制,提高开采效率和安全性。例如,利用智能传感器和监测设备,可以实时监测储层压力、温度等关键参数,为开采决策提供数据支持。同时,通过引入自动化控制系统,可以实现对钻井、压裂等关键工艺的精准控制,提高开采效率和产量。智能化开采技术的应用,将推动页岩气开采向更高效、更安全、更环保的方向发展。

8.2 环境与经济影响

8.2.1 绿色环保技术引入

为了响应这一号召,未来的页岩气井组合工艺将更加注重绿色环保技术的引入和应用。通过采用环保型压裂液、废水回收利用等措施,可以有效降低开采过程中

的环境污染,保护生态环境。这些绿色环保技术的应用,不仅有助于提升企业的社会责任感和公众形象,还能为页岩气开采行业的可持续发展奠定坚实基础。同时,这些技术的推广和使用也将带动相关产业链的发展,促进经济的增长和社会的进步。

8.2.2 经济效益最大化

在页岩气开采过程中,经济效益最大化是一个核心目标。为了实现这一目标,我们需要从多个方面入手。首先,在组合工艺的优选上,应注重选择那些成本效益高、资源利用率好的方案。通过对不同工艺方案的经济性进行细致评估,我们可以确定哪些方案能够在保证开采效果的同时,最大限度地降低投资成本和运营成本。其次,在开采过程中,应加强对资源的精细化管理,提高资源利用率,减少浪费。例如,通过优化钻井和压裂工艺,可以减少对储层的伤害,提高油气资源的采收率。最后,在政策层面,政府可以出台相关优惠政策,鼓励企业采用先进的开采技术和设备,提高开采效率和经济效益。同时,加强对页岩气开采行业的监管和规范,确保行业的健康有序发展,也为经济效益的最大化提供有力保障。

9 结语

页岩气井组合工艺的优选是一个复杂而系统的过程,涉及地质、经济、环保等多个方面。通过综合评价法、模拟实验法和数据分析法的综合应用,我们可以选出最优的工艺方案,提高开采效率和经济效益。未来,随着页岩气开采技术的不断发展和创新,组合工艺的优选将更加精细化和智能化。

参考文献

- [1]郭建林,贾爱林,贾成业等.页岩气水平井生产规律[J].天然气工业,2019,39(10):53-58.
- [2]王辉,周朝,周忠亚等.页岩气井排水采气工艺综合优选方法[J].钻采工艺,2022,45(02):154-159.
- [3]范宇,岳圣杰,李武广等.长宁页岩气田采气工艺实践与效果[J].天然气与石油,2020,38(02):54-60.
- [4]张宏录,许科,高咏梅等.页岩气排采工艺技术适应性分析及对策[J].油气藏评价与开发,2020,10(01):96-101.

作者简介:1、郭梁柱,1973.9,男,汉,四川省泸州市,高中,高级技师,研究方向:石油。

2、杨万里,1977.02,男,汉,四川省自贡市,大专,高级技师,研究方向:石油

3、杨光富,1970.12,男,汉,四川省泸州市,中技,技师,研究方向:电力

4、杨兵,1977.04,男,汉,四川省泸州市,中专,高级技师,研究方向:石油