

酸化压裂技术在油气田开发中的应用与经济效益分析

王震 (四川页岩气勘探开发有限责任公司, 四川 成都 610041)

摘要: 酸化压裂技术是油气田开发中用于提高储层产能的重要技术方法之一, 依靠该技术能有效提升油气井产量, 为油气田开发效益的提升奠定基础。本文在对酸化压裂技术内涵简单介绍的基础上分析了酸化压裂技术在油气田开发中的应用, 阐述酸化压裂技术在油气田开发中的应用要点, 以通过酸化压裂技术在油气田开发中的应用持续提升经济效益, 为酸化压裂技术在油气田开发中的应用提供参考。

关键词: 酸化压裂技术; 油气田开发; 应用价值; 经济效益

中图分类号: TE357.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 002-0052-03

Application and Economic Benefit Analysis of Acid Fracturing Technology in Oil and Gas Field Development

Wang Zhen (Sichuan Shale Gas Exploration and Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: Acid fracturing technology is one of the important technical methods used in oil and gas field development to improve reservoir productivity. By relying on this technology, the production of oil and gas wells can be effectively increased, laying the foundation for the improvement of oil and gas field development benefits. On the basis of a brief introduction to the connotation of acid fracturing technology, this article analyzes the application of acid fracturing technology in oil and gas field development, expounds the key points of application of acid fracturing technology in oil and gas field development, and continuously improves economic benefits through the application of acid fracturing technology in oil and gas field development, providing reference for the application of acid fracturing technology in oil and gas field development.

Keywords: acid fracturing technology; Oil and gas field development; Application value; economic benefits

油气田开发是通过相关技术完成地下油气资源的开发, 以满足全社会对油气的需求。近年来, 全社会对油气需求的不断增加, 同时大量的常规油气资源已经得到开发, 能用于开发的常规油气资源逐步减少。与常规油气资源相比, 非常规油气资源的开采难度更大, 同时对开采的技术要求更高。调查显示, 非常规油气资源的储层存在渗透率较低、孔隙结构复杂以及油气运移阻力较大等特点, 此时常规技术难以满足此类油气田开发需要。酸化压裂技术在应用期间可兼顾酸化技术与压裂技术的优势, 为非常规油气资源储层的开发提供新的思路与方法^[1]。本文就酸化压裂技术在油气田开发中的应用与经济效益展开分析, 以确保油气资源能得到高效勘探与开发利用。

1 酸化压裂技术的内涵

酸化压裂技术是压裂技术与酸化技术的有效结合, 通过两种技术方法的综合, 更好地满足油气田开发需要, 保证非常规油气田资源能得到有效开发。所谓酸化压裂技术指的是向储层岩石中使用高压泵注入配置好的酸液, 让酸液能与岩石中的化学成分发生化学反应, 在化学反应的作用下进一步促进岩石中孔隙、裂缝的扩大, 让油气在开采时有更大的流动通道。压裂指的是高压流体注入到地层中, 通过高压作用让地层岩石产生裂缝, 提供不同裂缝让油气田中有更多的

油气开采通道^[2]。酸化压裂技术能将化学处理与物理处理方法相结合, 让储层的渗透性与导流能力进一步提升, 保证了更多油气资源能得到开发与利用。

2 酸化压裂技术在油气田开发中的应用

2.1 前置液酸压技术的应用

前置液酸压技术在油气田开发利用过程中, 需要有效的分离高黏性材料, 并保证对应材料的黏性达标, 以保证该技术的应用效果。在使用前置液酸压技术时, 高黏性材料本身与压裂液之间不会发生反应, 但是通过该材料对压裂液侵蚀速度有促进作用, 让压裂液能更快的进入岩体中并发挥作用。岩体内部温度较高, 则酸液与岩体的化学反应速度会更快, 通过高黏性材料的使用有助于完成岩层温度的调控, 保证技术效果达到最佳的使用状态。

多种酸液都可使用前置液酸压工艺, 不仅适用性强, 而且应用范围广, 该技术有利于缩减酸液与裂隙壁的接触面积, 让油气开采有更高的成功率。预液酸压技术在应用中需要把控好酸性溶液的黏度, 在酸液与预处理液黏度比约为 1:150 的情况下能兼顾技术使用与应用效率的要求。类似于胶凝水、油状乳化液等高黏度的前置液使用较多, 需要注意的是, 如果使用的是无机酸, 则酸液和前置液需要充分混合并达到特定要求, 以满足具体工艺需要^[3]。

2.2 闭合酸压裂技术的应用

从提升油气井与系统导流能力方面考虑,可将闭合酸压裂技术应用到油田中,该技术在国内外应用时间早,并积累了丰富的应用经验,且实际应用效果也得到了证实。该技术在应用之前需要向地层裂缝中注入浓度、用量均合理的酸液,以发挥酸液的作用,促进井内、井下空气的有效融合,在膨胀作用下促进裂缝的扩大。工作人员通过将液体注入裂缝中,促进内部不同裂缝之间的有效连通。从闭合酸压裂技术的应用原理方面分析,通过酸液让储层破裂,破裂过程中力的作用可让压裂液有效渗入地层,扩大岩石裂缝,达到预期工作目标。闭合酸压裂技术在应用期间考虑到压裂效果,需要严格把控好所用酸液的量、浓度、稠度等,确保裂缝能均匀扩展,更好的保障油气开采需要。

2.3 压裂液与酸液交替注入技术

该技术指的是按照一定的顺序向岩石缝隙中注入高黏性物质、酸液,从而提升酸化压裂效果,此类技术在应用中能减少资源消耗,充分发挥液体较强流动性优势,促进技术应用范围与应用效果。压裂液与酸液交替注入技术在应用过程中需要注意以下问题:综合不同地区油气田开采深度、油气田储量等情况,合理的确定压裂液和酸液注入的顺序,从而在减少注入液体材料使用量的同时提升油气田开采量。技术应用中按照黏性材料在前,酸性溶液在后的顺序,在大产量油气田开采应用中可重复利用材料,节省材料。当然,在技术应用之前需要根据获取的其他地质水文资料,预测注入材料的用量,避免材料使用量不合理造成的负面影响。

2.4 水力喷射酸化压裂技术

该技术作为一种新型压裂方法,是水力压裂法同喷砂射孔技术的有效结合,在岩层较厚以及有着较多分层的区域可适用该方法。完善的前期准备是确保水力喷射酸化压裂技术应用效果的前提,故而在应用该

技术前需要完成调查与测量工作,了解不同区域的地质特点,明确岩层厚度、岩层的层数等,另外,还需要在岩层中完成隧道施工。针对顶部岩体所产生的小裂纹,需要利用其他技术手段使其能得到扩展,保证其长宽度符合技术要求。水力喷射酸化压裂技术在实践应用期间,需要准确完成裂缝位置的定位,同时对裂缝的生成和延伸方向做出预测,针对性地完成裂缝参数的控制。当前,低渗透地层水平井、老区薄差油层中水力喷射酸化压裂技术得到了重要应用,且应用效果较好。结合实际应用中的情况,该技术在应用中存在液体渗漏风险,同时操作规模相对较小,需要结合实际情况灵活应用^[4]。

2.5 非均匀酸化压裂技术

在裂缝表面处理中可应用非均匀酸化压裂技术,该技术能保证刻蚀形状的均匀性,让油气能流通无阻的流动。该技术主要应用流程为:对裂缝实施预压处理,然后将交联酸系统注入其中,再注入胶凝酸、盐酸等。其一,需要在油气田开采区域完成水力裂缝的构建;其二,合理选择材料,要求材料黏性较大,反应速率较低,这样在反应后对应的腐蚀效果相对较弱,同时有着更深层次的穿透,保证穿透深度。其三,通过使用稠度低、反应速度快的材料,以便增强腐蚀作用。

3 酸化压裂技术在油气田开发中的应用要点

3.1 技术类型与酸液的合理选择

油气田开发中可使用的酸化压裂技术类型较多,不同类型技术在核心工艺特点、适配储层类型、核心优势、应用关键等方面存在不同,所以需要结合不同油气田的实际情况,并能够立足于不同技术类型的要求、适用条件、应用优势等完成合理选择,确保技术方法满足对应的油气田开发要求,兼顾技术可行性、施工安全性、经济性等,保证不同技术优势能得以体现。表1为常用酸化压裂技术类型与特点。

3.2 反应过程中参数的控制

为了达到相对理想的油气田开发效果,需要在反

表1 常用酸化压裂技术类型与特点分析

技术类型	核心工艺特点	适配储层类型	核心优势	应用关键要求
常规酸化压裂	通过单段式注入酸液,在高压下对储层完成造缝,用酸液溶蚀裂缝壁面及附近岩石,提升储层渗透性。	中低渗透砂岩储层,也适用于地质结构较为简单的碳酸盐岩储层。	工艺流程简便,整体成本较低。单段施工,工序少,整体施工周期短。	要求储层具有稳定的破裂压力。储层不能存在复杂的缝洞系统。
分段酸化压裂	针对水平井,将其分隔成多个独立的改造段,通过逐段注入酸液完成造缝和溶蚀作业	用于低渗透/特低渗透储层,页岩油气储层	分段封隔并逐段改造,通过对多个分段的改造,能扩大储层泄油(气)范围。	分段封隔工具的可靠性至关重要,同时合理设置分段长度、酸液用量、注入排量等参数。
选择性酸化压裂	采用暂堵剂或有选择性的酸液,对特定类型的岩石或堵塞物完成溶蚀	用于非均质储层,多层合采储层	精准识别并针对性完成改造,提升改造的针对性和有效性。	精准识别储层中具有较高油气潜力的优质储层段

应过程中采取措施对主要参数进行调控,通过参数调节,实现对整个反应过程的管控,减少材料使用量。技术选择之前,需要明确油气田开采区域对应储层的各项参数,比如渗透率、破裂压力、孔隙度、原油粘度、地层温度、岩石中的碳酸盐含量、黏土含量等。酸液在配制过程中需要同时兼顾“溶蚀效率”和“缓速效果”,比如如果酸液选用盐酸,对于浅层储层的盐酸浓度控制在8%–10%,深层高温储层区域盐酸浓度则应提高到12%–15%,既要避免储层岩石脆化,又要避免溶蚀不足。

酸使用的同时还需要选择性的使用相关添加剂,并控制好添加剂的参数,结合应用经验,常用的缓蚀剂用量在1%–3%,通过缓蚀剂控制酸液的腐蚀速率;防膨剂的用量控制在0.5%–1%,部分技术工艺中需要使用助排剂,用量控制在0.2%–0.5%^[5]。具体技术工艺实践期间,需要控制好前置液、酸液、顶替液不同阶段的液体用量,保证酸液在地层中有合理的反应时间,比如针对常规储层,一般情况下,控制酸液在地层停留30–60min,针对深层储层,为了延长酸液在地层中的停留时间,使其达到60–90min,可注重缓速酸体系的应用。

3.3 立足不同油气田特点,掌握技术难点

针对不同油气田,需要结合特点确定出对应的技术难点,比如针对低渗透/特低渗透油气田,考虑到上述储层渗透率较低,油气运移阻力大,可注重酸化压裂技术的应用,通过对水平井采用分段体积酸化压裂方法,让储层均匀改造成为可能。酸化压裂技术应用中发现储层非均质性,致使技术方法在应用过程中裂缝会顺着高渗段延伸,增加不均衡扩展风险,另外,储层黏土矿物含量较高的情况下,酸液也会造成黏土的膨胀,不同程度损坏储层,需要在具体应用中加以考虑。在酸化压裂技术应用中,可通过黏土稳定剂、防膨剂等使用,减少酸化压裂过程中对储层造成的破坏,合理使用暂堵转向剂,转变裂缝的延伸方向,让储层能更均匀的扩展,当然,还可通过实验分析、数值模拟等技术,确定出最佳的技术参数,更好的满足低渗透/特低渗透油气田开发需要。

3.4 技术应用到因地制宜

油气田在使用酸化压裂技术过程中,需要强调技术选择与应用的合理性,避免直接套用技术与参数。具体应用技术过程中需要结合油气田的特点、储层特征、不同技术应用经验等,以保证技术应用方案的合理性与科学性。比如需要综合实际情况合理的完成分段、控制好簇间距。另外,在具体技术应用期间,可加强深部酸化压裂技术的应用,以更好的满足各类复

杂储层油气田的开发情况。

4 酸化压裂技术在油气田开发中的应用经济效益分析

以某油气田为例分析酸化压裂技术在油气田开发中的应用经济效益,该油气田属于低渗透油气田,常规油气田开采中每日产油0.76t、含水76.5%,油气田开采效率低,整体产量相对较低。结合实际情况在油气田开采中应用酸化压裂技术,采用机械卡封分段改造,具体使用压裂与酸化解堵技术,采用12%HCl+3%HF土酸作为酸液,添加0.8%防膨剂,施工排量设定为3.2m³/min,破裂压力校准误差控制在≤3%,有效的保证了储层没有受到伤害,同时通过注水压驱完成补能处理。施工投入大概50万元人民币,预估创效达280余万元人民币,ROI约为1:5.6;增油的有效期超过180天,采收率提高约4%。日增油6t,纯41区块恢复水驱储量40万t,自然递减率由14.4%降至6.8%,整体经济效益较好。

5 结束语

酸化压裂技术在油气田开发中有重要的应用价值,在实际应用中需要评估技术方案对储层的伤害风险,采用伤害较小的方案。另外,在技术应用中还需要考虑施工成本投入,以有效控制成本,提升技术应用到经济效益。结合不同油气田的实际情况合理完成参数优化,便于同时兼顾多个层面,提升酸化压裂技术应用成效。

参考文献:

- [1] 姚谋,魏军,何举涛,等.酸化压裂用新型凝胶体系的研制与性能评价[J].化学与粘合,2025,47(05):527-530.
- [2] 牛慧刚,黄文新,张宏,等.沁水煤田低透气性煤层穿层钻孔酸化压裂增透技术研究与应用[J].陕西煤炭,2025,44(09):59-64.
- [3] 李钰,邓晖,李进,等.油井分层压裂酸化工艺技术探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(14):154-156.
- [4] 苏毅,党婧文,张晓冉,等.爆燃压裂酸化技术在海上油田的研究及应用[J].精细与专用化学品,2025,33(06):14-19.
- [5] 孙振添,李文,张进平,等.酸化压裂技术对碳酸岩盐储层地热井的增灌能力影响研究[J].地球学报,2025,46(02):439-448.

作者简介:

王震(1971-),男,汉族,四川自贡人,大学本科学历,中级工程师,研究方向:油气田开发。