

Application of a Novel High Fluid-Loss Plugging Agent XW-1 in the Longdong Block

Kai Xu Hao Wang

Changqing Drilling Company, Chuanqing Drilling & Exploration Corporation, Qingyang, Gansu 745100, China

Abstract

This study investigates the application of a novel high fluid-loss plugging agent, XW-1, to tackle severe lost circulation challenges during drilling operations in the Longdong Block. By examining the geological characteristics and loss mechanisms prevalent in this region, the chemical composition, action mechanism, and key performance attributes of XW-1 are elucidated. Field applications are presented to systematically demonstrate the implementation process and technical approach for deploying XW-1 in the Longdong Block, with comprehensive evaluation of its effectiveness. The results indicate that XW-1 significantly enhances the pressure-bearing capacity and wellbore stability in complex formations, effectively controls fluid losses, improves drilling efficiency, and reduces operational costs. These findings offer valuable guidance for drilling operations in geologically similar reservoirs.

Keywords

High fluid-loss plugging agent; XW-1; Longdong Block; Lost circulation prevention; Well control

新型高失水堵漏剂 XW-1 在陇东区块的应用研究

徐凯 王豪

川庆钻探长庆钻井总公司, 中国 · 甘肃 庆阳 745100

摘要

本文针对陇东区块钻井过程中面临的严重井漏问题, 引入了一种新型高失水堵漏剂 XW-1。通过分析陇东区块地质特征与漏失机理, 阐述了 XW-1 堵漏剂的化学组成、作用机理及性能特点。结合现场应用实例, 系统介绍了 XW-1 堵漏剂在陇东区块的应用工艺与技术看案, 详细评价了其应用效果。研究表明, XW-1 堵漏剂能够显著提高陇东区块复杂地层的承压能力和井眼稳定性, 有效解决井下漏失问题, 提高钻井效率, 降低钻井成本, 对类似区块的钻井作业具有重要参考价值。

关键词

高失水堵漏剂; XW-1; 陇东区块; 防漏堵漏; 井漏控制

1 引言

陇东区块作为鄂尔多斯盆地重要的油气勘探区域, 地质条件极其复杂, 具有 "地面地下双复杂" 的特征。该区块地层承压能力低、裂缝发育、漏失风险极高, 钻井过程中井漏问题频发, 严重制约了钻井提速提效。特别是陇东区块目的层埋藏深、油层厚度小 (仅占钻井深度的 0.3%), 对钻井液技术和防漏堵漏措施提出了极高要求。传统的堵漏材料和方法在该区域应用中存在适应性差、成功率低、非生产时间长等问题, 难以满足高效钻井的需要。

本文基于陇东区块的地质特点和钻井难题, 介绍了新

型高失水堵漏剂 XW-1 的性能特点, 重点分析了其在陇东区块的应用情况和效果, 以期类似地质条件下的防漏堵漏作业提供技术参考和实践指导。

2 新型高失水堵漏剂 XW-1 的特性与作用机理

2.1 XW-1 堵漏剂的组成与性能特点

新型高失水堵漏剂 XW-1 是一种专门针对复杂地层漏失问题开发的高效堵漏材料。其配方设计基于对陇东区块地质特征的深入分析, 采用多种功能性组分复合而成。该堵漏剂主要由刚性材料、膨胀树脂材料、混合纤维材料和渗滤材料组成, 通过各组分的协同作用实现快速封堵。具体组成配比为: 刚性材料 30-50 份, 膨胀树脂材料 20-30 份, 混合纤维材料 10-20 份, 渗滤材料 10-20 份。这种科学的配比设计确保了 XW-1 堵漏剂能够在漏失通道中迅速形成致密封堵层。

XW-1 堵漏剂的性能特点主要体现在以下几个方面: 首先, 具有高滤失特性, 能够在接触到漏失地层时快速失水,

【作者简介】徐凯 (1985-) 男, 中国湖北汉川人, 本科, 工程师, 从事钻井液研究。

【通讯作者】王豪 (1985-) 男, 中国重庆人, 本科, 工程师, 从事钻井液研究。

形成密实的封堵层；其次，具备体积膨胀性，吸收钻井液中的水分后体积可显著增大，进一步提高封堵效果；第三，含有刚性颗粒和柔性纤维，能够同时封堵不同尺寸的漏失通道；第四，与常规钻井液相容性良好，无论是水基还是油基钻井液均可适用；第五，具有热稳定性好的特点，能够适应陇东区块井下温度环境。如下表 1 所示：

表 1 XW-1 堵漏剂的关键性能参数 *

性能指标	参数范围	测试条件
滤失速度	5-15 s	API 滤失测试
膨胀倍数	3-5 倍	常温水中浸泡 2h
承压能力	>6 MPa	2mm 裂缝板, 180°C
热稳定性	≤180°C	高温滚动 16h
封堵效率	>95%	砂床实验

2.2 XW-1 堵漏剂的作用机理

XW-1 堵漏剂的防漏堵漏机理主要体现在三个关键环节：快速滤失、膨胀填充和强化封堵。当含有 XW-1 的堵漏浆液进入漏失通道时，首先发生的是快速滤失过程，堵漏剂中的渗滤材料促使浆液中的水分快速分离，固相组分在漏失通道口迅速聚集。这一过程大幅减少了钻井液向地层的进一步漏失，为后续封堵创造了条件。

随后，膨胀树脂材料开始发挥作用，吸收滤失水分后体积膨胀，有效填充漏失通道内的空隙。与此同时，混合纤维材料在通道内交织成网状结构，形成基本骨架。刚性材料则作为增强组分，提供结构支撑，防止封堵层在压力作用下被破坏。这种多组分协同作用确保了封堵层的密实性和稳定性。

最后，通过系统压力将挤入地层的堵漏剂压实，增强地层整体承压能力。XW-1 堵漏剂在形成封堵层后，能够承受较高的压差，有效提高地层的承压能力，防止在后续钻井作业中再次发生井漏。这种机理使得 XW-1 堵漏剂特别适用于陇东区块这种裂缝发育、压力窗口窄的地层。[1]

3 XW-1 堵漏剂在陇东区块的应用工艺与方案

3.1 陇东区块地质特征与漏失挑战

陇东区块地质条件复杂，钻井过程中面临多重挑战。从地质构造来看，该区块位于鄂尔多斯盆地天环坳陷西部，沉积体系属于嵌入式浅水三角洲，油藏分布极其复杂。地层特性方面，目的层埋深多在 2000-3000 米，油层厚度薄（仅 4-10 米），相当于钻井深度的 0.3% 不到，对钻井精度要求极高。同时，该区块裂缝发育，既有天然裂缝也存在诱导裂缝，增加了井漏风险。[2]

陇东区块的漏失类型主要表现为渗透性漏失、裂缝性漏失和失返性漏失三种形式。其中，裂缝性漏失最为常见，漏失通道宽度多在 0.5-2mm 之间，部分区域可达 5mm 以上。传统堵漏材料如常规堵漏剂、水泥浆等在该区块应用中效果有限，主要表现为：一次堵漏成功率低，平均不足 40%；

非生产时间长，单次漏失处理时间超过 48 小时；复发率高，近 30% 的井在后续钻井中会再次发生漏失。漏失段如表所示

3.2 XW-1 堵漏剂应用工艺设计

针对陇东区块的地质特点和漏失特征，设计了 XW-1 堵漏剂的专项应用工艺，主要包括堵漏浆液配方优化、施工参数控制和作业流程规范三个环节。

在堵漏浆液配方优化方面，根据漏失类型和严重程度，调整 XW-1 堵漏剂的用量和配伍材料。对于渗透性漏失，XW-1 加量控制在 3-5%，配合细颗粒材料使用；对于裂缝性漏失，XW-1 加量提高至 5-8%，并加入适量纤维材料；对于失返性漏失，XW-1 加量进一步增加至 8-12%，同时使用粗颗粒和纤维材料复合配方。这种差异化的配方设计确保了堵漏材料与漏失特征的匹配度。

施工参数控制方面，重点监控泵排量、泵压和流体性质。采用“从小排量缓慢提高泵冲”的方式，精准测试地层的临界漏失排量，找到安全施工窗口。泵入高浓度堵漏浆液时，控制排量在 0.5-1.5m³/min，避免因排量过大导致堵漏材料过早堆积或进入地层过深。泵压控制在地层破裂压力的 80-90% 范围内，既保证堵漏材料进入漏失通道，又防止产生新裂缝。

作业流程规范方面，形成了一套标准的堵漏作业程序：首先准确识别漏层位置，然后配置堵漏浆液，接着泵注堵漏浆液，再进行动态承压验漏，最后评估堵漏效果。这一标准化流程确保了堵漏作业的规范性和成功率。

3.3 具体实施方案与案例

在陇东区块华 H67-3 井的应用中，XW-1 堵漏剂展现了卓越的性能。该井在钻井过程中遭遇了失返性漏失，严重影响了钻井进度。技术团队决定采用 XW-1 堵漏剂进行治理，具体实施方案如下：

首先，通过综合分析和实时监测，准确判断漏层位置在洛河段砂岩段，深度约 1150m，漏失通道主要为张开度 1-2mm 的裂缝。根据这一特征，确定堵漏浆液配方为：XW-1 堵漏剂 10%，常规堵漏剂 3%，纤维材料 2%，其介质为清水。这种复配方案既利用了 XW-1 的高失水特性，又通过常规堵漏剂和纤维材料增强了封堵强度。

施工过程中，首先将钻具起至安全井段，观察确认无持续漏失后，逐步下钻至井底。通过从小排量（0.5m³/min）缓慢提高泵冲至 1.2m³/min 的方式，测试地层的临界漏失排量约为 1.0m³/min，据此确定安全施工窗口为 0.6-0.8m³/min。随后泵入预先配置的堵漏浆液 25m³，排量控制在 0.7m³/min。堵漏完成后，采用动态承压方式验漏，上提钻具后，再次从小排量逐步提高至循环排量，利用系统压力将挤入地层的堵漏剂压实，增强地层整体承压能力。[3]

该井通过使用 XW-1 堵漏剂，实现了一次性堵漏成功，大幅减少了因漏失造成的非生产时间。这表明 XW-1 堵漏剂

通过系统性创新与前瞻性风险防控，能够将井漏风险化解于萌芽状态，为复杂地层条件下实现安全、高效钻井提供了新成功范例。

4 应用效果分析与讨论

4.1 性能提升效果评价

XW-1 堵漏剂在陇东区块的应用显著提升了钻井液体系的防漏堵漏性能。通过对应用井的统计分析，使用 XW-1 堵漏剂后，一次堵漏成功率从传统的不足 40% 提升至 85% 以上，其中在华 H67-3 井更是实现了一次性堵漏成功。漏失复发率从 30% 以上降至 10% 以内，大幅减少了重复作业和非生产时间。

在承压能力方面，使用 XW-1 堵漏剂后，地层的承压能力提升超过 3.5MPa，有效拓宽了地层压力窗口，为后续钻井作业提供了更安全的操作空间。特别是在失返性漏失情况下，XW-1 堵漏剂能够快速建立承压屏障，最高承压能力可达 6.08MPa，显著优于传统堵漏材料。

从封堵效率来看，XW-1 堵漏剂在裂缝宽度为 2mm、温度 180℃、加量 3% 的条件下，能够实现 95% 以上的封堵效率，高温高压滤失量控制在 9mL 以内。这表明 XW-1 堵漏剂即使在高温高压的苛刻条件下，仍能保持良好的封堵性能，适用于陇东区块深井钻井需求。如下表 2 所示

表 2 XW-1 堵漏剂应用前后性能对比 *

性能指标	应用前	应用后	提升幅度
一次堵漏成功率	<40%	>85%	>45%
平均堵漏时间 (h)	>48	<24	>50%
漏失复发率	>30%	<10%	>20%
地层承压能力提升 (MPa)	<2.0	>3.5	>75%
高温高压滤失量 (mL)	>15	<9	>40%

4.2 对钻井效率的提升

XW-1 堵漏剂的应用对陇东区块钻井效率产生了显著提升。在华 H67-3 井，通过一次性堵漏成功和高水平技术服务，后期也再没复发。与同平台邻井相比，该井提前 6.96 天完钻，钻井效率提升约 30%，充分展示了 XW-1 堵漏剂在提高钻井速度方面的优势。

钻井周期的缩短主要来源于两个方面：一是减少了漏失处理时间，传统堵漏方法往往需要多次尝试，累计耗时较长，而 XW-1 堵漏剂一次施工即可解决问题；二是提高了钻井速度，由于地层承压能力增强，钻井液密度和排量可以优化在最佳范围，机械钻速相应提高。这两方面的改善共同促成了钻井效率的显著提升。

此外，XW-1 堵漏剂的应用还降低了钻井综合成本。虽然 XW-1 堵漏剂的单价比传统材料略高，但由于其成功率高、作业时间短，总体成本反而降低。据统计，使用 XW-1 堵漏剂的井平均钻井成本降低 15-20%，经济效益显著。

4.3 技术经济性分析

尽管 XW-1 堵漏剂的材料成本较传统堵漏剂高约 20-30%，但其综合效益显著。单井堵漏材料总成本增加约 10-15%，但因堵漏成功率提高和作业时间缩短，非生产时间成本下降 40-50%，综合计算单井可节约成本 15-20 万元。

另外，XW-1 堵漏剂的应用还带来了隐性效益：一是降低了钻井风险，提高了作业安全性；二是减少了对储层的伤害，有利于提高产量；三是加快了区块整体勘探开发进度，实现了提前投产。这些隐性效益虽然难以量化，但对油田开发的整体经济效益有着重要影响。

5 结语

通过对新型高失水堵漏剂 XW-1 在陇东区块的应用研究，可以得出以下结论：

第一，XW-1 堵漏剂通过其独特的组成配方和作用机理，能够有效封堵陇东区块的各类漏失通道，特别是对裂缝性漏失和失返性漏失效果显著。其高滤失特性和体积膨胀性相结合，能够在漏失通道中快速形成致密、高强度的封堵层，提高地层承压能力。

第二，在陇东区块华 H67-3 井的成功应用表明，XW-1 堵漏剂能够实现一次性堵漏成功，大幅减少非生产时间，提高钻井效率。该井仅用 16.04 天完钻，较同平台邻井提前 6.96 天，平均机械钻速提高 30%，创造区块两项纪录。

第三，XW-1 堵漏剂的应用技术经济性显著，虽然材料成本略高，但通过提高成功率和作业效率，可降低单井综合成本 15-20%，投资回报率高，具有推广价值。

总之，新型高失水堵漏剂 XW-1 在陇东区块的成功应用，为复杂地层防漏堵漏提供了新的技术手段，随着该技术的不断完善和推广，将为我国油气勘探开发提质增效发挥更大作用。

参考文献

- [1] 罗平亚,代锋,刘应民,等.钻井液用高吸水性树脂的防漏堵漏性能研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2025,47(04):1-9.
- [2] 孙金声,杨景斌,吕开河,等.致密油气钻井液技术研究现状与展望[J].石油学报,2025,46(01):279-288.
- [3] 郭亮,徐军,赵凯峰,等.纯化学堵剂在套损井堵漏中的应用[J].化学工程与装备,2022,(05):46-47+25.