

低含水稠油化学降粘技术研究与实践

于霞

中国石油工程建设有限公司华北分公司 河北任丘 062550

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13227

[摘 要] 本文分析当前稠油开采中遇到的难题，特别是稠油在低含水条件下粘度较高的问题，本文着重介绍了化学降粘技术在解决这一问题上的应用。同时，本文还结合“稠油降粘剂筛选、降粘剂最佳加药量及降粘效果评价试验”案例，详细阐述了化学降粘技术在油田现场的具体实施过程，为相关领域的研究和应用提供了宝贵的参考。

引言：

低含水稠油乳化降黏，也就是将表面活性剂及其助剂的水溶液与稠油混合，使稠油由 W/O 型变为 O/W 型乳状液，从而降低稠油粘度。一般而言，稠油含水率大于 30%时，W/O 型乳状液将发生（转相）失稳，当稠油含水率小于 30%时，稠油乳状液以 W/O 的形式存在，因为原油含水率的差异，对于含水率高于 30%低于转向点的稠油，一般采用破乳降粘，对于含水率低于 30%的原油，一般采用乳化降粘。该技术可用于“冷采”，也可与“热采”搭配应用，后者效果更好，且成本低、可操作性强，易于推广使用，但高效的化学降粘剂适用范围有限，因油品性质不同降粘效果差异较大。因此，研究低含水稠油的化学降粘技术显得尤为重要。本文旨在探讨这一技术，以期稠油降粘提供更加高效、环保的解决方案。

1 当前稠油开采中遇到的难题

稠油，也被称作重油，是一种具有较高粘度和较差流动性的石油类型。在开采这种类型的石油时，我们面临着一系列的挑战和难题。特别是在低含水的环境下，稠油的粘度会显著增加，这无疑给开采工作带来了更大的难度和挑战。这种高粘度的特性不仅会降低开采的效率，还会导致生产成本的增加，从而对整个石油工业的持续发展和进步产生不利的影响。因此，寻找更为高效、环保的降粘技术显得尤为重要。特别是低含水稠油的乳化降黏技术，通过合理地掺入适量的水，可以有效地降低稠油的粘度，这是一种非常有效的化学降粘方法。

2 化学降粘技术的原理和方法

油田上使用比较普遍的降粘剂技术是水溶性降粘剂技术和油溶性降粘技术。油溶性降粘技术最主要适用于低含水稠油的开采及输送。实际应用中一般将该技术与稀释、加热等降粘技术进行有机得结合使用以降低稠油的粘度。但油溶性降粘剂存在可燃、成本高等缺点，故而常用于稠油解堵解卡。化学降粘技术是指低含水稠油的乳化降黏，也就是通过掺入适量的活性水来降低稠油的粘度，是一种有效的化学降粘方法。其原理和方法如下：

水溶性降粘剂降粘技术是将表面活性剂及其助剂的水溶液与稠油混合，使稠油由 W/O 型变为 O/W 型乳状液，从而降低稠油粘度。一般而言，稠油含水率大于 30%时，W/O 型乳状液将发生（转相）失稳，当稠油含水率小于 30%时，稠油乳状液以 W/O 的形式存在，因为原油含水率的差异，对于含水率高于 30%低于转向点的稠油，一般采用破乳降粘，对于含水率低于 30%的原油，一般采用乳化降粘。该技术可用于“冷采”，也可与“热采”搭配应用，后者效果更好，且成本低、可操作性强，易于推广使用，但高效的化学降粘剂适用范围有限，因油品性质不同降粘效果差异较大。

3 实验案例分析

受委托，于 2023 年 3 月 17 日在 XX 井口取得原油。按照委托要求，在实验室内对油样进行室内模拟井筒降粘试验。

（一）油样处理、含水率测试

将 XX 井区混合原油去除游离水后进行含水率测试，含水率测试结果见表 1。

表 1 原油含水率测试数据表

原油名称	原油含水率，%
XX 井	1.20

（二）现场调研

对 XX 井进行现场调研，基础数据见表 2。

表 2 1 井口相关数据及原油物性数据表

试验项目	数据结果	
井口深度, m	约 1600	
井底原油温度, °C	66.68	
地温梯度, °C/100m	3.43	
井口温度, °C (2 月份数据)	30	
凝点, °C	28	
蜡含量, %	8.54	
胶质+沥青质含量, %	60.7	
密度, g/cm ³	50°C	0.9060
	20°C	0.9304

依据委托要求，对稠油降粘剂进行了相关文献查阅和市场调研，最终选取了 13 种市面上效果较好的降粘剂：9 种水基降粘剂和 4 种油基降粘剂，并对其进行了 pH 测试。测试结果见表 3。

表 3 降粘剂 pH 测试数据表

序号	降粘剂名称	pH 测试结果
1	水基 BY-3 降粘剂	6.5
2	水基 BY-Z 降粘剂	7.5
3	水基 BY-A 降粘剂	12
4	水基 DCSM 降粘剂	5.5
5	水基 N-3522 降粘剂	6.0
6	水基 AMHG 降粘剂	6.5
7	水基 JKHT-01	5.5
8	水基 JKHT-03	6.0
9	水基 RQ-3 降粘剂	13
10	油基 BY-O 降粘剂	5.5
11	油基 N-3524 降粘剂	5.5
12	油基 N-3525 降粘剂	5.5
13	油基 RQ-4 降粘剂	12

结合文献资料及试验经验，碱性降粘剂能有效降低稠油粘度，但形成的原油乳状液过于稳定，影响后期原油脱水，故而排除水基 BY-A 降粘剂、水基 RQ-3 降粘剂和油基 RQ-4 降粘剂，选用其余降粘剂进行后续降粘剂的筛选试验。

4 稠油降粘剂最佳加药量及降粘效果评价试验

对降粘效果较好的水基降粘剂 BY-3 和油基降粘剂 BY-O 进行不同条件下（不同加药量、不同温度）降粘效果评价试验，确定最佳加药量和降粘效果。

4. 1. 试验条件

降粘效果评价试验条件：

原油原始含水率（%）：1. 2；

水基降粘剂加药量：

1%降粘剂溶液（3000ppm，30%含水率）

1. 5%降粘剂溶液（3000 ppm，20%含水率）

5%降粘剂溶液（5000 ppm，10%含水率）

油基降粘剂加药量（ppm）：10000、8000、5000；

剪切速率（s⁻¹）：9、27、81；

粘温曲线温度（℃）：60、50、40、30（根据井筒温度梯度确定，见表 4，且为了更好模拟井筒温度变化情况，试验从高温向低温进行）。

4. 2. 粘温曲线

加入水基降粘剂 BY-3，不同含水率下降粘率与温度关系数据见表 4，降粘率与温度关系曲线见图 1。

加入油基降粘剂 BY-0，不同加药量下降粘率与温度关系数据见表 5，降粘率与温度关系曲线见图 2。

表 4 加入水基降粘剂 BY-3，不同含水率下降粘率与温度关系数据表（27s⁻¹）

含水率，%	降粘率，%			
	30℃	40℃	50℃	60℃
30	68.32	66.24	64.63	62.47
20	64.73	62.86	60.72	59.98
10	-6.54	-9.74	-15.11	-19.11

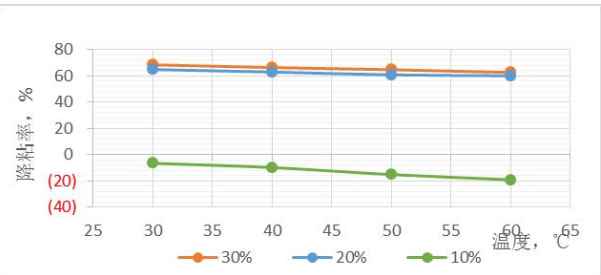


图 1 加入水基降粘剂 BY-3，不同含水率下降粘率与温度关系曲线（27s⁻¹）

表 5 加入油基降粘剂 BY-0，不同加药量下降粘率与温度关系数据表

降粘剂加药量 ppm	降粘率，%			
	30℃	40℃	50℃	60℃
10000	85.88	83.41	78.87	71.10
8000	64.77	64.11	53.90	46.74
5000	37.95	35.15	21.94	4.820

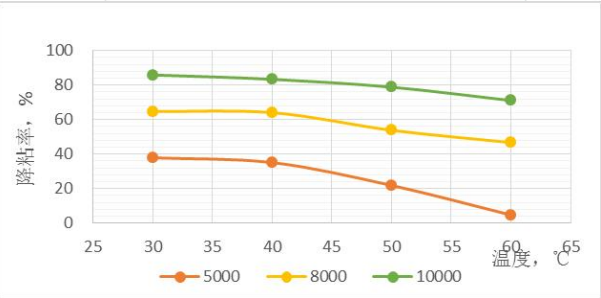


图 2 加入油基降粘剂 BY-0，不同加药量下降粘率与温度关系曲线

5 沉降脱水试验

为了确定降粘剂是否影响原油后期脱水，室内分别对水基降粘剂 BY-3(加药量 3000ppm，含水 30%)、油基降粘剂 BY-0（加药量 10000ppm，含水 30%）进行模拟沉降脱水试验。

5. 1. 试验条件

温度：50℃

乳化搅拌速率：250r/min

搅拌时间：2min

破乳剂名称：BC-018K

空白样：含水 30%

5. 2. 试验数据（见表 6）

表 6 水基降粘剂 BY-3、油基降粘剂 BY-0、空白样沉降脱水试验数据表

降粘剂名称	投药量 mg/L	破乳剂投药量 mg/L	不同沉降时间原油脱水				中间层体 积，mL	界面 状态	污水 水质
			15min	30min	60min	90min			
水基 BY-3	3000	100	16.7	25.0	41.6	56.0	0	齐	较清
油基 BY-0	10000	100	41.7	58.3	83.3	83.3	0	齐	清
空白样	0	100	75.0	83.3	91.6	91.6	0	不齐	挂壁

与不加降粘剂试管 90min 脱水率 91. 6%相比，水基降粘剂 BY-3 对脱水率略有影响，90min 沉降脱水率为 56. 0%；油基降粘剂 BY-0 90min 沉降脱水率为 83. 3%，对后期沉降脱水影响较小。

6 实验中凸显的低含水稠油化学降粘技术价值

通过上述实验可以看出，通过加入适量的降粘剂，稠油的粘度得到了显著降低，从而有利于稠油的流动和开采。特别是在低含水率的情况下，水基降粘剂 BY-3 表现出了良好的降粘效果，降粘率可达到 60%以上。这为稠油开采提供了一种有效的技术手段，有助于提高开采效率和经济效益。其次，低含水稠油化学降粘技术具有较好的适应性。在实验中，针对不同含水率、不同加药量的条件下，对降粘剂进行了评价。结果表明，所选用的降粘剂在不同的条件下均表现出了一定的降粘效果，说明该技术具有较好的适应性，可以适应不同的稠油开采条件。

7 低含水稠油化学降粘技术的未来发展

随着稠油开采的不断深入，低含水稠油化学降粘技术将迎来更加广阔的发展空间。首先，这些新型降粘剂将具有更高的降粘效率和更广的适用范围，为稠油开采提供更加有力的支持。它们能够适应更加复杂的油藏环境，同时减少对环境的影响，确保在提高开采效率的同时，也保护了自然环境。其次，通过引入智能化监控系统 and 数据分析技术，可以实现对降粘过程的精准控制和优化调整，从而提高降粘效果和开采效率。减少人为操作的错误和不确定性，确保降粘作业的连续性和稳定性。因此，随着环保意识的不断提高，未来的降粘剂将更加注重新生物降解性和环境友好性，以减少对环境的污染和破坏。这不仅符合全球环保的趋势，也满足了社会对可持续发展的要求，确保了石油工业的长远发展与环境保护的和谐共存。

结语：

综上所述，化学降粘技术是解决稠油开采和运输难题的有效手段之一。随着技术的不断进步和创新，未来稠油的化学降粘技术将更加成熟，为稠油的高效开发提供强有力的技术支持。

【参考文献】

- [1]魏振国，马宏伟，魏林平，等. 普通稠油化学降黏冷采技术研究与应用 [J]. 石化技术，2024，31（07）：89-91.
- [2]罗炳学. 化学降粘采油技术研究及应用 [J]. 石化技术，2021，28（05）：136-137.
- [3]孙焕泉. 薄储层超稠油热化学复合采油方法与技术 [J]. 石油与天然气地质，2020，41（05）：1100-1106.
- [4]衣哲. 稠油乳化降粘研究进展 [J]. 化工管理，2020，（12）：117-118.