

# 超高分子缔合聚合物溶液特性及驱油效果研究

徐 辉

(中国石化胜利油田分公司地质科学研究院, 山东东营 257015)

**摘 要:** 为了提高胜利油田高温高含盐Ⅲ类油藏的聚合物驱效果, 开展了耐温抗盐超高分子缔合聚合物 AP-P5 溶液的特性及驱油效果研究。在温度为 85 ℃、地层水矿化度为 32 868 mg/L 的Ⅲ类油藏条件下, 对 AP-P5 的基本物化性能进行了评价, 测试了 AP-P5 溶液的黏度-浓度曲线, 用光散射仪测定了 AP-P5 溶液的流体力学半径分布, 并通过混合聚合物和石英砂, 研究了溶液的吸附性, 最后利用岩心物理模拟试验研究了 AP-P5 的注入渗流特性和驱油效果; 在胜利油田坨 28 区块进行了现场试验, 分析了 AP-P5 溶液的注入曲线和注入后该区块的生产曲线。试验发现, AP-P5 与普通缔合聚合物 DH3 相比, 相对分子质量高一倍, 缔合单体含量低 58%, 无明显的临界缔合浓度, 流体力学半径更小, 吸附量小 30%, 注入压力低 50%, 采收率提高率高 3.9 百分点; 不过, 现场试验还在继续, 目前尚无明显的降水增油效果。研究表明, AP-P5 溶液特性优良, 在地层中比普通缔合聚合物更容易形成活塞式推进, 驱油效果更好。

**关键词:** 超高分子量 缔合聚合物 流体力学半径 黏度 浓度 吸附 驱油效率

**中图分类号:** TE357.46<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0890(2015)02-0078-06

## Solution Characteristics and Oil Displacement Efficiency of an Ultrahigh Molecular Weight Association Polymer

Xu Hui

(Geoscience Institute of Sinopec Shengli Oilfield, Dongying, Shandong, 257015, China)

**Abstract:** In order to improve the polymer flooding effect in high-temperature and high-salt Class III reservoirs in the Shengli Oilfield, the solution characteristics and oil displacement effect of a temperature and salt-resisting ultrahigh molecular association polymer AP-P5 are studied. Basic physicochemical properties of AP-P5 are evaluated under Class III reservoirs at 85 degrees and salinity of 32 868 mg/L. The viscosity at varied concentrations is examined, the hydrodynamic radius distribution of the solution is determined and the adsorption is studied through mixed polymer solution and quartz sand. Finally, the injection and seepage characteristics and oil displacement effect are investigated through physical experiments. A field test is carried out in the Tuo 28 Block of Shengli Oilfield to analyze the injection of AP-P5 solution and production after injection. The results show that AP-P5 possesses double molecular weight, smaller hydrodynamic radius and no significant critical associating concentration comparing with ordinary associating polymer DH3. Moreover, it is lower by 58% in the associated monomer weight, 30% in adsorption capacity and 50% in injection pressure and higher by 3.9% in the recovery rate. More field tests are ongoing but it has not shown water reduction and production increasing effect. The research reveals that AP-P5 has good solution properties and it is easier to generate a piston-like movement with it than DH3 in formations; further, it has higher displacement efficiency.

**Key words:** ultrahigh molecular weight; associated polymer; hydrodynamic radius; viscosity; concentration; adsorption; oil displacement efficiency

目前,对于Ⅲ类油藏,利用聚合物驱进行开采,从成本、效果、长效性等方面看,都是最好的选择。胜利油田高温高含盐Ⅲ类油藏(矿化度在 20 000 mg/L 以上,油藏温度在 85 ℃ 以上)的储量在  $5 \times 10^8$  t 以上,但由于常规的Ⅰ、Ⅱ类聚合物(相对分子质量在 2 000 万及以下的部分水解聚丙烯酰胺)在该类油藏条件下的增黏性、耐温性及抗盐性较差,无法对其进行有效开采,因此,研制开发具有耐

温、抗盐性能的Ⅲ类聚合物具有重要意义。

**收稿日期:** 2014-10-14; **改回日期:** 2015-02-02。

**作者简介:** 徐辉(1979—),男,江苏徐州人,2003年毕业于江苏石油化学学院给排水工程专业,2006年获西南石油大学环境工程专业硕士学位,2009年获西南石油大学油气田开发工程专业博士学位,工程师,主要从事三次采油方面的研究工作。

**联系方式:** (0546)8798280, 44053012@qq.com。

**基金项目:** 国家科技重大专项“胜利油田特高含水期提高采收率技术”(编号:2011ZX05011)部分研究内容。

国内外目前对耐温抗盐聚合物的研究主要集中在以下几个方面:1)提高聚合物的相对分子质量,合成相对分子质量在 3 000 万以上的超高分子量聚丙烯酰胺<sup>[1-4]</sup>;2)引入疏水单体合成疏水缔合聚合物,提高聚合物的黏度及耐温、抗盐性能<sup>[5]</sup>;3)向丙烯酰胺分子主链中引入刚性环状结构,提高聚合物主链的热稳定性<sup>[6]</sup>;4)在丙烯酰胺单体中同时引入阴、阳离子形成两性离子聚合物,实现对配制水矿化度的缓冲<sup>[7]</sup>。以上研究都能提高聚合物的耐温、抗盐性能,但都存在不足:超高分子量聚丙烯酰胺在高矿化度条件下仍存在分子链卷曲及高温条件下热稳定性差的问题;常规疏水缔合聚合物在高温高盐条件下的驱油效果如何仍存在争议<sup>[8]</sup>;引入刚性和环状结构可以提高聚合物的热稳定性,但合成的聚合物相对分子质量较低、增黏性差<sup>[9]</sup>;而两性聚合物减弱了聚丙烯酰胺分子链之间的排斥作用,因此增黏性也较差<sup>[10]</sup>。

罗平亚等人<sup>[11]</sup>通过研制新型引发体系,优化合成条件,研制开发了新型耐温抗盐超高分子疏水缔合聚合物 AP-P5。笔者针对胜利油田高温高盐Ⅲ类油藏的实际情况,通过室内试验对 AP-P5 溶液的特性、驱油效果进行了研究,并对该聚合物的现场试验情况进行了分析,以期早日突破胜利油田高温高含盐Ⅲ类油藏化学驱的技术瓶颈。

## 1 试验器材和方法

### 1.1 试剂与仪器

试验用聚合物:普通缔合聚合物 DH3<sup>[11]</sup>,超高分子缔合聚合物 AP-P5(西南石油大学研制)。

试验用水:总矿化度为 32 868 mg/L、Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> 总质量浓度为 873 mg/L 的胜利油田Ⅲ类油藏模拟水。

试验用仪器:美国 WYATT 动态光散射仪;Brookfield, DV-Ⅲ黏度计;自动分子量测定仪;水解度滴定仪;室内物理模拟试验评价装置;电子天平。

### 1.2 聚合物基本物化性能测试

利用水解度滴定仪、自动分子量测试仪和 DV-Ⅲ黏度计,分别测试出聚合物的水解度、特性黏数及Ⅲ类模拟水配制的质量分数为 0.15% 的聚合物溶液在 85 ℃ 的表观黏度。

### 1.3 聚合物溶液的特性

利用 DV-Ⅲ黏度计测试聚合物溶液在 85 ℃ 下的黏度-质量浓度曲线,研究聚合物溶液的临界缔合浓度;用激光散射仪测定质量分数为 0.15% 的聚合物溶液的流体力学半径分布;在室温条件下将聚合物和石英砂按质量比为 1:3 混合,研究聚合物溶液的吸附性;用渗透率为 1 500 mD 的 1 m 长石英砂岩心,研究质量分数为 0.15% 的聚合物溶液的注入及渗流特性。

### 1.4 聚合物溶液驱油效果评价

首先将渗透率为 1 500 mD 的岩心抽真空,然后饱和水,再饱和油(胜利采油厂坨四站外输油,85 ℃ 下黏度为 44.6 mPa·s),接着水驱至含水率为 95%,分别注入 0.3 倍孔隙体积用Ⅲ类油藏模拟水配制的质量分数为 0.15% 的 AP-P5 和 DH3 溶液,最后水驱至含水率为 100% 结束试验。

## 2 超高分子缔合聚合物基本物化性能

分别测试了超高分子缔合聚合物 AP-P5 和普通缔合聚合物 DH3 的表观黏度、特性黏数、相对分子质量、水解度,并分析了两种聚合物基本物化性能的差别,结果见表 1。

表 1 AP-P5 和 DH3 基本物化性能对比

Table 1 Comparison of basic physicochemical properties between AP-P5 and DH3

| 聚合物   | 缔合单体含量, % | 表观黏度/<br>(mPa·s) | 特性黏数/<br>(mL·g <sup>-1</sup> ) | 相对分子质量                | 水解度, % |
|-------|-----------|------------------|--------------------------------|-----------------------|--------|
| DH3   | 1.2       | 56.1             | 1 432                          | 881×10 <sup>4</sup>   | 23.0   |
| AP-P5 | 0.5       | 25.1             | 2 243                          | 1 740×10 <sup>4</sup> | 23.6   |

由表 1 可知,在两种聚合物的水解度基本相当的情况下,AP-P5 的缔合单体含量相对于 DH3 少 58%,相对分子质量接近 DH3 的 2 倍,表观黏度低于 DH3。但对于缔合聚合物的驱油性能是不是和表观黏度成正比,还需要对两种聚合物溶液的特性和驱油效果做进一步的评价。

## 3 超高分子缔合聚合物溶液的特性

### 3.1 聚合物临界缔合浓度

通过分析 AP-P5 和 DH3 两种聚合物黏度-质量浓度曲线,考察超高分子缔合聚合物是否与普通缔

合聚合物一样存在临界缔合浓度点(即黏度突然上升的点),结果如图1所示。

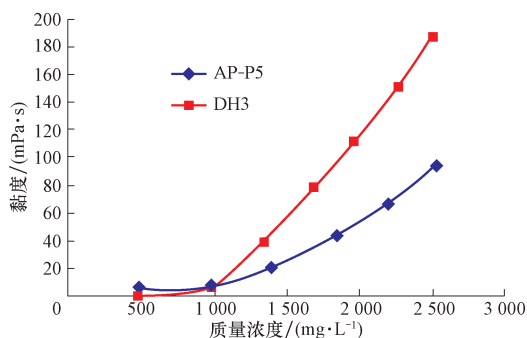


图1 AP-P5和DH3的增黏曲线对比

Fig. 1 Comparison of viscosity increasing curve between AP-P5 and DH3

由图1可知,DH3由于缔合单体含量较高,同时相对分子质量较低,在质量浓度为1 000 mg/L时黏度突变,临界缔合浓度特征明显。而AP-P5由于缔合单体含量低、相对分子质量较高,其黏度-质量浓度曲线是一条平滑的曲线,并没有出现黏度突然大幅上升,即临界缔合浓度的特征不明显,这有利于聚合物在地层中经过地层水稀释后保持黏度稳定。

### 3.2 聚合物流体力学半径

利用动态光散射技术测试了AP-P5和DH3在溶液中的流体力学半径及其分布情况,结果如图2所示。

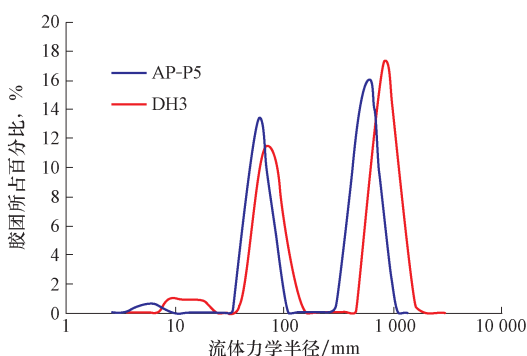


图2 AP-P5和DH3在溶液中的流体力学半径分布

Fig. 2 Hydrodynamic radius distribution of AP-P5 and DH3 in solution

由图2可知,AP-P5和DH3的流体力学半径主要分布在两个区间:第一个区间为50~100 nm,以分子内缔合和分子链的相互缠绕为主;第二个区间为200~2 000 nm,以分子间缔合为主。但两个区间的分布仍有一定的区别,AP-P5的流体力学半径分布相对于DH3明显左移,表明AP-P5的流体力学半径稍小于DH3。分析认为,这是由于AP-P5所含的缔合单

体较少,导致分子内和分子间的缔合程度都减弱。

### 3.3 聚合物溶液的吸附性

通过分析不同质量浓度的AP-P5和DH3在石英砂上的吸附量,考察两种聚合物溶液的吸附性,结果如图3所示。

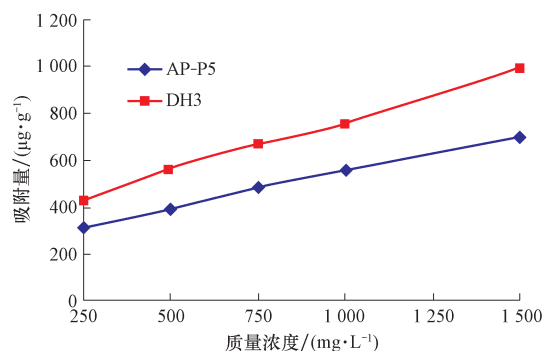


图3 AP-P5和DH3的溶液吸附性对比

Fig. 3 Comparison of solution adsorption between AP-P5 and DH3

由图3可知,在相同质量浓度下,AP-P5的吸附量比DH3约小30%。分析认为,这是因为AP-P5和DH3所引入的都是阳离子型缔合单体,由于AP-P5的缔合单体含量低于DH3,因此它在地层运移过程中的吸附量也小于DH3。不过,这可以降低AP-P5在地层运移过程中的损失,从而使其在地层中始终保持较高的黏度。

### 3.4 聚合物溶液的注入渗流特性

利用渗透率为1 500 mD的1 m长石英砂岩心,分析了质量分数为0.15%的AP-P5和DH3溶液的注入渗流特性,结果如图4所示。

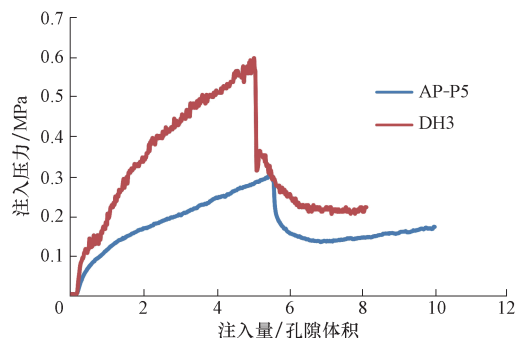


图4 AP-P5和DH3溶液渗流特征对比

Fig. 4 Comparison of solution seepage characteristics between AP-P5 and DH3

由图4可知,在注入聚合物溶液过程中,DH3的注入压力快速上升,而AP-P5的注入压力上升相对缓慢且上升幅度较小,AP-P5的最高注入压力比

DH3 约低 50%。分析认为,这主要有以下原因:首先,DH3 在地层的吸附量较大,流体力学半径较大,造成运移过程中在地层的滞留量也较大,流动阻力大;其次,引入的缔合单体在水溶液中会使长分子主链产生相互聚集,对主链的流动性产生影响,导致流动活化能增高,因此缔合单体含量越高渗流阻力也越高。在注入一定的聚合物之后开始后续水驱时发现,DH3 的注入压力突然降低,而 AP-P5 的注入压力呈现缓慢下降的趋势。这表明在后续水驱时,注入水推动 AP-P5 整体活塞式向前运移;而 DH3 由于缔合作用产生较大的流体力学半径,地层吸附及高缔合度对其运移产生较大影响,后续水驱时压力快速降低,导致水驱突破后呈现非活塞式向前运移的特点。最终,后续水驱压力平衡时,DH3 的注入压力高于 AP-P5,进一步证实了 DH3 在地层中的吸附量大于 AP-P5。

4 超高分子缔合聚合物驱油效果评价

在温度 85 ℃、模拟地层水矿化度 32 868 mg/L 的试验条件下,通过单管物理模拟试验,研究了质量分数为 0.15% 的 AP-P5 和 DH3 溶液的驱油效果,结果见图 5、图 6 和表 2。

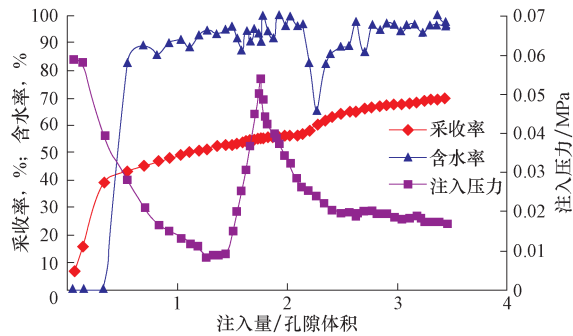


图 5 AP-P5 溶液的驱油特征曲线

Fig. 5 Oil displacement characteristic curve of AP-P5

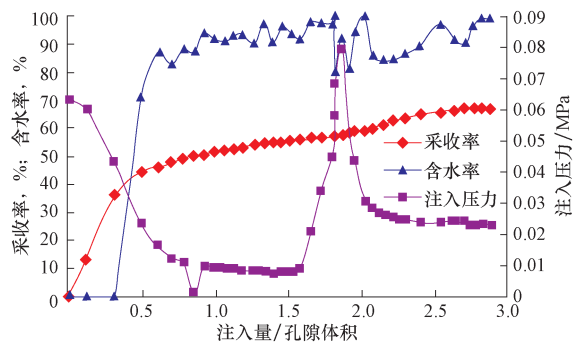


图 6 DH3 溶液的驱油特征曲线

Fig. 6 Oil displacement characteristic curve of DH3

表 2 AP-P5 和 DH3 溶液的驱油效果对比

Table 2 Displacement efficiency comparison between AP-P5 and DH3

| 聚合物   | 束缚水饱和度, % | 驱替速度 (mL·min <sup>-1</sup> ) | 溶液的黏度/ (mPa·s) | 水驱采收率, % | 最终采收率, % | 聚合物驱提高采收率, % |
|-------|-----------|------------------------------|----------------|----------|----------|--------------|
| DH3   | 15.1      | 0.23                         | 56.7           | 60.3     | 67.4     | 7.1          |
| AP-P5 | 13.3      | 0.23                         | 25.1           | 58.5     | 69.5     | 11.0         |

由图 5、图 6 可知,在水驱至采出液的含水率为 95% 以上时,分别注入 AP-P5 和 DH3 再进行后续水驱;由于在水溶液中 AP-P5 分子链之间的缠绕和排斥作用较大,同时分子内和分子间又有一定的缔合作用,因而 AP-P5 在岩心中能够呈活塞式推进,在后续水驱阶段压力下降较慢,有明显的含水率降低“漏斗”,含水率最低点为 65%,最终采收率较高;而 DH3 由于主要靠分子间和分子内的缔合作用增黏,虽然黏度计测得其表观黏度较高,但在地层运移过程中,由于吸附量较大,同时因缔合作用流体力学半径也较大,无法产生活塞式驱替,后续水驱压力降低较快,没有明显的含水率降低“漏斗”,含水率最低点仅为 80%,最终采收率较低。

由表 2 可知,AP-P5 提高采收率的幅度比 DH3 高 3.9 百分点,驱油性能更好。

5 现场试验

胜利油田坨 28 区块为选定的超高分子缔合聚合物驱先导试验区,该区块油藏温度 87 ℃,地层水矿化度 19 634 mg/L,能代表胜利油田高温高盐Ⅲ类油藏条件。整个试验区含油面积 0.88 km<sup>2</sup>,地质储量 173×10<sup>4</sup> t,其中注入井 6 口,受效井 12 口,注聚合物前含水率 97.3%,采出程度 31.5%。

从 2011 年 5 月开始注 AP-P5 溶液。图 7 和图 8 分别为先导试验区的注入曲线和生产曲线。由图 7 可知,在开始注入 AP-P5 溶液时,由于压力上升过快,对注入水进行处理,对注入压力高的井采取解堵措施,直至 2013 年 1 月才开始正常注入,目前注入压力从注入 AP-P5 前的 7.5 MPa 升高至 15.5 MPa,注入剖面也有一定改善,试验区的开发形势较为稳定。表 3 为正常注入后的矿场实施情况,截至 2014 年 4 月底连续正常注入 0.089 倍孔隙体积的 AP-P5 溶液,但由于目前 AP-P5 的前置段塞没有注完,注入段塞量仍较低,因此从图 8 的生产曲线可以看出,矿场还没有出现明显的降水增油效果,需要继续跟踪



矿场生产动态,并进一步分析和评价超高分子缔合 聚合物AP-P5的现场试验效果。

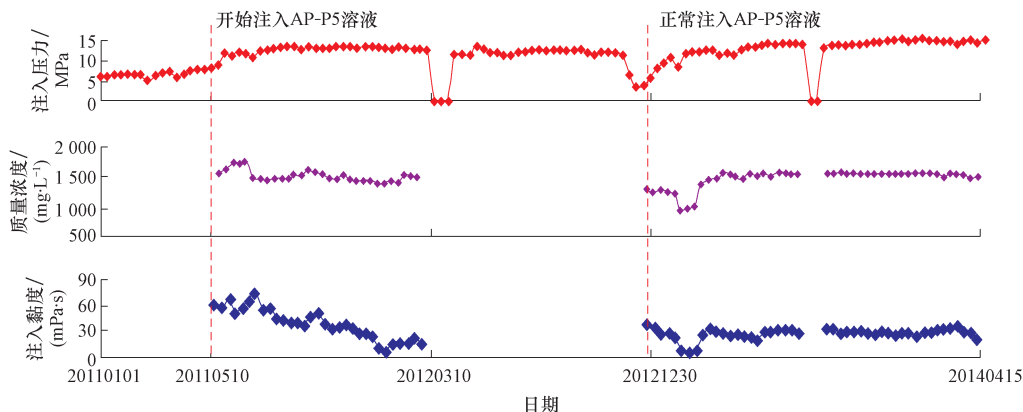


图7 坨28区块AP-P5溶液注入曲线

Fig. 7 AP-P5 solution injection curve of Tuo 28 Block

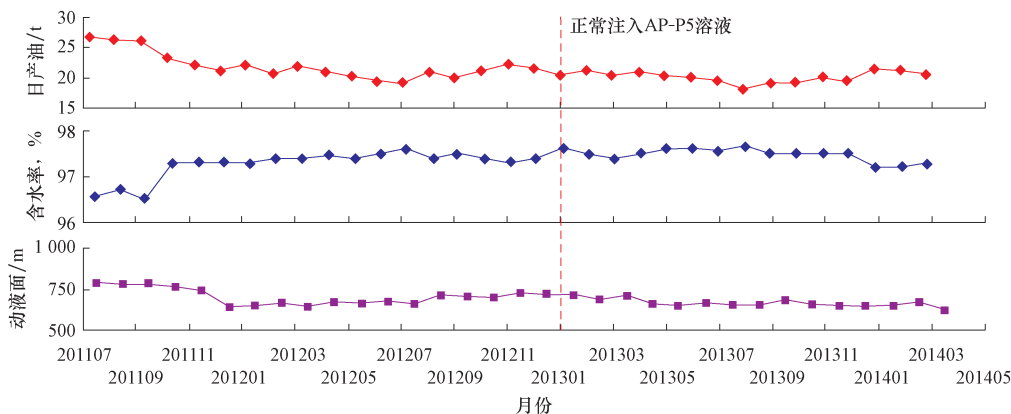


图8 坨28区块AP-P5驱生产曲线

Fig. 8 AP-P5 oil displacement production curve of Tuo 28 Block

表3 AP-P5驱的矿场实施情况

Table 3 Field implementation of AP-P5

| 段塞   | 段塞量/孔隙体积 | AP-P5溶液质量浓度/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 注入液量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 聚合物干粉质量/t | 注入时间/d |
|------|----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------|
| 段塞1  | 设计       | 0.100                             | 1 800                               | 460       | 442    |
|      | 已注入      | 0.089                             | 1 439                               | 303       | 485    |
| 段塞2  | 设计       | 0.300                             | 69.0                                | 1 150     | 1 327  |
| 设计总量 |          | 0.400                             | 92.0                                | 1 610     | 1 769  |

## 6 结 论

1) 超高分子缔合聚合物AP-P5相对于普通缔合聚合物DH3大幅度提高了聚合物的相对分子质量,其分子链之间的缠绕和排斥作用较大,同时以一定的分子内和分子间的缔合作用相辅,因此,比主要依靠分子间缔合作用形成的高表观黏度的DH3的流体力学半径更小,在地层的吸附量更小,无临界缔合浓度点,在地下更容易保持黏度的稳定,更容易形

成活塞式驱替,驱油效果更好。

2) 目前新型聚合物普遍引入一些缔合单体或具有耐温抗盐功能的单体来增加聚合物的黏度和耐温抗盐性,导致聚合物表观黏度的构成中结构黏度占了很大比例,但表观黏度高并不代表驱油性能好,需要对聚合物的其他性能做全面的评价,才能够评定聚合物驱油性能的好坏。

3) 超高分子缔合聚合物在胜利油田高温高盐Ⅲ类油藏已进行现场试验,目前由于注入段塞量较小,矿场还没有明显的降水增油效果,需要继续跟踪

生产动态,通过分析矿场出现的问题进一步完善超高分子缔合聚合物的结构和性能。

## 参 考 文 献

### References

- [1] 胡伟,李璐,苏聪. 杏六区中部葡 I 1-3 油层聚合物驱布井方式研究[J]. 断块油气田,2013,20(1):67-70.  
Hu Wei, Li Lu, Su Cong. Well spacing pattern of polymer flooding in Pu I 1-3 reservoirs in central Xing 6 District[J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2013, 20(1): 67-70.
- [2] 陈渊,孙玉青,温栋良,等. 聚合物纳米微球调驱性能室内评价及现场试验[J]. 石油钻探技术,2012,40(4):102-106.  
Chen Yuan, Sun Yuqing, Wen Dongliang, et al. Evaluation and application on profile control of polymer nano-microspheres[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(4): 102-106.
- [3] 徐辉,孙秀芝,韩玉贵,等. 超高分子聚合物性能评价及微观结构研究[J]. 石油钻探技术,2013,41(3):114-118.  
Xu Hui, Sun Xiuzhi, Han Yugui, et al. Performance evaluation and microstructure study of ultra high molecular weight polymer[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(3): 114-118.
- [4] 刘晓光. 二类油层高质量浓度聚合物溶液性能及机理[J]. 大庆石油学院学报,2009,33(3):64-68.  
Liu Xiaoguang. Properties and mechanism of high mass concentration polymer solution in sub-layers[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2009, 33(3): 64-68.
- [5] 宋新旺,李哲. 缔合聚合物在多孔介质中的渗流运移特征[J]. 油气地质与采收率,2012,19(4):50-52.  
Song Xinwang, Li Zhe. Study on seepage characteristics of hydrophobic associated polymer in porous media[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(4): 50-52.
- [6] 叶仲斌,苟光俊,苟绍华,等. 丙烯酸酰胺四元共聚磺酸盐的合成及性能研究[J]. 化学研究与应用,2012,24(10):1560-1564.  
Ye Zhongbin, Gou Guangjun, Gou Shaohua, et al. Synthesis and properties for a acrylamide tetra-copolymer sulfonate[J]. Chemical Research and Application, 2012, 24(10): 1560-1564.
- [7] 韩玉贵,王秋霞,宋新旺,等. 水溶性两性共聚物的表征及其溶液性质[J]. 石油化工,2007,36(5):507-512.  
Han Yugui, Wang Qiuxia, Song Xinwang, et al. Characterization and solution properties of a water soluble amphoteric copolymer[J]. Petrochemical Technology, 2007, 36(5): 507-512.
- [8] 朱怀江,罗健辉,杨静波,等. 疏水缔合聚合物驱油能力的三种重要影响因素[J]. 石油学报,2005,26(3):52-55.  
Zhu Huaijiang, Luo Jianhui, Yang Jingbo, et al. Three key factors influencing oil - displacement capacity in hydrophobically associating polymer flooding[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(3): 52-55.
- [9] 钟景兴,陈煜,谭惠民. AM/NVP 二元共聚物的溶液性能[J]. 高分子材料科学与工程,2005,21(4):220-223.  
Zhong Jingxing, Chen Yu, Tan Huimin. Study on solution properties of AM/NVP copolymer[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2005, 21(4): 220-223.
- [10] 韩玉贵,王秋霞,何绍群,等. 水溶性 AM/DMPS 两性共聚物的反相乳液法制备及性能评价[J]. 精细石油化工进展,2005,6(10):32-34.  
Han Yugui, Wang Qiuxia, He Shaoqun, et al. Preparation of water soluble ampholytic AM/DMPS copolymer by inverse emulsion polymerization[J]. Advances in Fine Petrochemicals, 2005, 6(10): 32-34.
- [11] 韩玉贵. 耐温抗盐驱油用化学剂研究进展[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2011,33(3):149-153.  
Han Yugui. Chemicals in heat tolerate and salt resistant flooding[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2011, 33(3): 149-153.
- [12] 张书栋. 胜坨油田高温高盐油藏疏水缔合聚合物驱油先导试验研究[J]. 精细石油化工进展,2014,15(6):28-31.  
Zhang Shudong. Pilot testing of hydrophobic association polymer (HAP) flooding in high temperature and high salinity reservoir in Shengtuo Oilfield[J]. Advances in Fine Petrochemicals, 2014, 15(6): 28-31.

[编辑 令文学]

## 用于注水井低成本压裂的裂缝封堵材料

美国研究人员研制开发了可热降解封堵材料,并将其用于注水井压裂。该材料由一系列可生物降解的塑料材料和天然矿物材料构成,是具有一定粒径的固体颗粒。采用该封堵材料压裂时,不使用压裂液、酸化液等,而是采用类似调剖的工艺。使用时需将可降解的封堵材料混合在注入水中注入到地下,封堵初始裂缝,并维持较高的注水压力,产生新的裂缝。该材料在地层温度下,数天之后水解成为较小分子物质,解除封堵,使原有裂缝和新裂缝共同产生作用。该封堵材料及其降解产物均为无毒的可生物降解物质。

该材料主要包括 2 类颗粒材料:一类是天然矿物材料,如方解石等,被研磨成特定尺寸的颗粒,主要用来封堵原始水流通通道,用于生成初始裂缝的第一级压裂;另一类是多种可生物降解的塑料聚合物颗粒,既有以植物产物为原料的合成材料,例如聚合乳酸,也有石油炼制的材料,详细组分未公开。使用时,需根据材料的融化温度和分裂温度,依据井内温度选择适合的颗粒材料。

该技术已经成功地用于地热井的注水井储层改造,在 Newberry 火山地热示范项目中得到应用。其压裂施工的井口压力最高仅为 16.7 MPa,但是需维持数天时间。由于该项目中的地层温度较高,注入冷水后,除水力压裂造缝外,岩石降温造成的应力也可促进裂缝生成。该技术有望作为一种低成本的环境友好的压裂技术用于老区块注水井的压裂。

[供稿 何江]