

文章编号:1000-4092(2022)02-228-06

# 固井用聚电解质-疏水缔合复合悬浮稳定剂的制备与性能评价\*

赵启阳<sup>1</sup>, 尧艳<sup>1</sup>, 严海兵<sup>1</sup>, 张伟<sup>1</sup>, 陈雪雯<sup>2</sup>, 彭志刚<sup>2</sup>

(1. 川庆钻探井下作业公司, 四川 成都 610051; 2. 西南石油大学化学化工学院, 四川 成都 610051)

**摘要:**在深层和超深层油气井固井中,受地层高温影响,水泥浆中的部分外加剂失效,导致固相颗粒沉降,浆体失去稳定性,增加固井过程中的窜流风险。以2-丙烯酰胺基-甲基丙磺酸、丙烯酰胺、*N*-乙烯基吡咯烷酮、*N,N*-二甲基十八烷基烯丙基氯化铵为原料,通过正负离子间的强静电作用制备了聚电解质疏水缔合复合悬浮稳定剂(P-AB)。对P-AB的结构进行了表征,研究了其对水泥浆性能的影响,分析了悬浮稳定机理。结果表明,P-AB可通过静电作用和疏水缔合作用等形成独特的网架结构,有助于悬浮水泥颗粒,防止水泥浆沉降和自由水分离;在40~150℃下,1% P-AB水溶液可保持较高的黏度;在水泥浆中加入0.5%~1%的P-AB,200℃下养护1d后,水泥石上下段的密度差<0.02 g/cm<sup>3</sup>,无浆体游离液。P-AB主要通过水化作用增大水泥颗粒材料沉降的阻力,并通过静电吸附、疏水缔合作用等形成致密的交联网架结构,确保了水泥在高温下的稳定性。该项技术有利于提高深井和超深井的固井质量,降低固井风险。

**关键词:**高温;固井;悬浮稳定剂;疏水缔合聚合物;聚电解质;水泥浆

**文献标识码:**A **DOI:** 10.19346/j.cnki.1000-4092.2022.02.007

**中图分类号:**TQ314.2

**开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



近年来,随着石油开发向深部储层的深入,钻井过程中遇到越来越多的超深、超高温井。固井水泥浆由于固相颗粒热运动加剧、外加剂高温热降解失效等作用使固相颗粒沉降、水泥浆产生游离液,导致水泥浆沉降失稳<sup>[1-3]</sup>。水泥浆的沉降稳定性是保证水泥浆优良性能的前提,稳定性差将直接影响固井作业的安全性和固井质量<sup>[4]</sup>。针对高温下水泥浆中固体颗粒的沉降,可以通过粒径小、比表面积大的超细硅、黏土材料等无机材料增加水泥浆体系高温下的稠度,从而提高水泥浆的悬浮能力。但当其用量增加到一定程度时,会导致浆液的初始稠度

过大,水泥浆体系的配伍性差,影响施工性能<sup>[5-6]</sup>。合成高分子材料在油井水泥外加剂中发展迅速,其性能稳定且易于控制,可根据产品所需性能进行合理的分子结构设计,得到耐温性能良好的水泥浆聚合物悬浮稳定剂。

在常规聚合物基础上引入强疏水性的单体,是疏水缔合聚合物的常见设计方法。众多学者也对高分子合成以及流变性能开展研究<sup>[7-10]</sup>。研究发现,可通过改善分子链的结构,如在分子链中引入一定的疏水基团,在水溶液中使聚合物分子链产生分子内或分子间的聚集缔合,增加分子在高温下运

\* 收稿日期:2021-08-21;修回日期:2021-10-18。

**基金项目:**工程技术联合研究院科技项目“固井用高温悬浮稳定剂研发”(项目编号CQXN-2020-06)。

**作者简介:**赵启阳(1987—),男,工程师,西南石油大学油气田材料与应用专业硕士(2012),从事固井工作液及外加剂技术研究工作, E-mail: zhaoyq\_jx@cnpc.com.cn。陈雪雯(1997—),女,本文通讯联系人,西南石油大学化学工程专业硕士(2019),从事油田化学相关的研究,通讯地址:610500 四川省成都市新都区西南石油大学化学化工学院, E-mail: xuewen\_chen@163.com。

动的阻力;可以通过选择耐高温单体来提高聚合物分子的热稳定性。同时,高分子之间可通过特殊次级相互作用形成的复合体系<sup>[11]</sup>,降低组分聚合物分子链的自由度,增大高分子的流体力学半径,获得高黏度溶液,比单一组分聚合物具有更加优异的性能<sup>[12]</sup>。本文以阴离子单体、阳离子单体、环状刚性单体及长链疏水单体为原料,合成了阳离子共聚物(AM/DMAAC-18/NVP)和阴离子共聚物(AMPS/AM/NVP),再将两种聚合物进行复合,通过正负离子间的强静电作用得到聚电解质疏水缔合复合物悬浮稳定剂(P-AB)。通过调节聚合物分子链上可以产生次级相互作用的基团含量及两种聚合物的复合比例,使聚合物分子形成更致密的交联网状结构,有效悬浮水泥颗粒,并能高温 200 °C 下保持其分子结构不变,具有良好的增黏效果和耐温效果,从而有效解决水泥浆高温下的沉降失稳问题,确保高温深井固井安全和质量。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与仪器

2-丙烯酰胺基-甲基丙磺酸(AMPS)、丙烯酰胺(AM)、*N*-乙烯基吡咯烷酮(NVP)、*N,N*-二甲基十八烷基烯丙基氯化铵(DMAAC-18),化学纯,过硫酸铵、亚硫酸氢钠、氢氧化钠、丙酮,分析纯,成都市科龙试剂化工试剂厂;G级油井水泥,嘉华特种水泥股份有限公司;阴离子型降失水剂 G80、有机磷酸盐类缓凝剂 H42,川庆公司;去离子水。

WQF 520 型红外光谱仪,北京瑞利分析仪器有限公司;DSC823 TGA/SDTA85/e 型热分析仪;Quanta 250 FEG 型环境扫描电子显微镜;BI-MWA 型纳米粒度仪,英国马尔文仪器公司;CARY Eclipses 型荧光光谱仪;Zetasize NS 型电位粒径测试仪;Haake MARS 型高温流变仪;XGRL-4A 型高温滚子加热炉;OWC-2000D 瓦楞搅拌器;DFC-0712B 型高温高压稠化仪;IKA-WERKE 反应釜;NYL-300 型压力试验机; $\varphi 2\text{ cm}\times 20\text{ cm}$  黄铜圆筒模具。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 共聚物的制备

(1)阴离子共聚物(PA)的制备。在搅拌和冰浴条件下,将一定量的去离子水加入反应烧瓶中,按物质的量比 5:3:2 分别加入 AMPS、AM 和 NVP,加

入预配的 35% NaOH 溶液调节 pH 值为 7~8,通入氮气 30 min 除去溶液中的溶解氧,快速转移至水浴锅中,加入单体总量为溶液总质量的 18%,引发剂过硫酸钾为单体总量的 0.5%,于 65 °C 反应 10 h 得到透明淡黄色黏稠液体。聚合反应路线见图(1)。

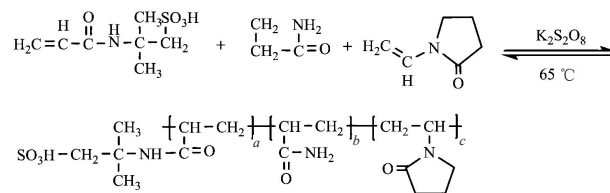


图 1 阴离子共聚物的反应路线

(2)阳离子共聚物(PB)的制备。将 AM、DMAAC-18、NVP 按物质的量比 8:1:5 依次溶于去离子水中,反应温度升高至 40 °C 时,加入单体总量为溶液总质量的 20%,引发剂(过硫酸钾、亚硫酸氢钠质量比 1:1)为单体总量的 1%,升温至 60 °C,反应 24 h 后得到透明黏稠液体。聚合反应路线见图(2)。

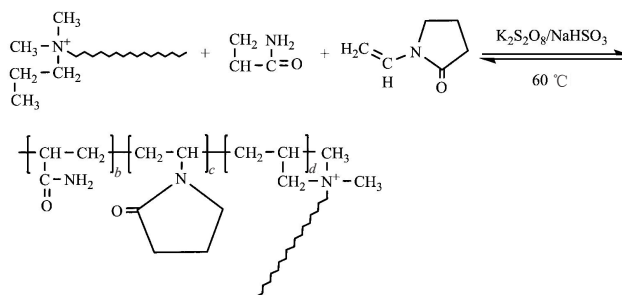


图 2 阳离子共聚物的反应路线

(3)聚电解质疏水缔合复合物(P-AB)的制备。将阴离子共聚物 PA 和阳离子共聚物 PB 按照质量比 1.5:1 混合均匀。用无水乙醇充分沉淀,反复沉淀 3 次,烘干后碾碎,得到的白色颗粒状聚合物即目标产物 P-AB。

#### 1.2.2 聚合物结构表征

(1)红外光谱表征。采用红外光谱仪对聚合物悬浮剂的化学结构进行表征。采用 KBr 压片法进行制样,波数范围为 4400~460  $\text{cm}^{-1}$ ,扫描次数为 32,分辨率为 4  $\text{cm}^{-1}$ 。

(2)热重分析。采用热分析仪测试聚合物的热稳定性。测试条件为氮气氛围,温度范围为 40~1000 °C,加热速率为 10 °C/min。

(3)聚合物水溶液的流变性能。采用高温流变

仪评价聚合物悬浮剂溶液的高温流变性能。剪切速率为  $15.50 \text{ s}^{-1}$ , 温度区间为  $20 \sim 180 \text{ }^\circ\text{C}$ , 升温速度为  $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

(4) 聚合物水溶液的分子形貌。用胶头滴管将质量分数为 1% 的 PA、PB 和 P-AB 水溶液滴加到干净的样品槽中, 然后转移到用液氮冷冻的约  $-110 \text{ }^\circ\text{C}$  的真空干燥机中, 冷冻干燥 10 h 后取出喷金, 用环境扫描电子显微镜在高真空模式下观察聚合物的表面形貌。

(5) 粒径分析。将聚合物溶液用孔隙为  $400 \text{ nm}$  的微孔滤膜过滤。在变温条件下, 用纳米粒度仪测定聚合物的粒径变化, 从微观角度证实热缔合聚合物结构的形成。

### 1.2.3 水泥浆性能测试

(1) 水泥浆的制备。参照国家标准 GB/T 19139—2012《油井水泥实验方法》进行水泥浆的制备及养护。基础水泥浆体系配方如下: 嘉华 G 级水泥 + 40% 硅粉 + 3% 微硅 + 5% 降失水剂 G80 + 3% 缓凝剂 H42 + 0~3% 悬浮剂 P-AB, 水灰比 0.44, 密度  $1.88 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

(2) 水泥浆沉降稳定性测定。将配好的水泥浆置于滚子加热炉中, 于  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  下热滚 20 min。将水泥浆置于标准圆筒模具中, 密封后放入  $200 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ MPa}$  高温反应釜中养护 1 d 直至浆体凝固。取出后将水泥石均匀切割成上、中、下 3 段, 根据国家标准 GB/T 19139—2012 测定水泥浆的密度。

(3) 水泥浆 Zeta 电位分析。在共聚物不同加量 (0~3.0%) 条件下, 采用电位粒径测试仪测定水泥浆体系的 Zeta 电位, 确定聚合物与水泥颗粒的作用方式。

## 2 结果与讨论

### 2.1 聚合物的结构

#### 2.1.1 红外光谱表征

由图 3 可知,  $3438 \text{ cm}^{-1}$  和  $1668 \text{ cm}^{-1}$  处分别为 AM 中酰胺基的 N—H 和 C=O 的伸缩振动峰;  $1188$ 、 $1040$ 、 $635 \text{ cm}^{-1}$  处分别为 AMPS 中磺酸基的 S=O、S—O 和 C—S 的伸缩振动峰<sup>[13]</sup>;  $1549 \text{ cm}^{-1}$  处为 NVP 中 N—H 的变形振动峰;  $2779 \text{ cm}^{-1}$  处为长链上甲基的特征峰;  $3150 \text{ cm}^{-1}$  处为季铵盐— $\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{R}$  的特征峰<sup>[14]</sup>, 表明 DMAAC-18 存在于聚合物中; 同时,

$880 \sim 990 \text{ cm}^{-1}$  和  $3075 \sim 3090 \text{ cm}^{-1}$  区间未出现 C=C 的伸缩振动峰<sup>[15]</sup>。以上结果说明聚合物 PA 和 PB 的结构与预期产物一致。

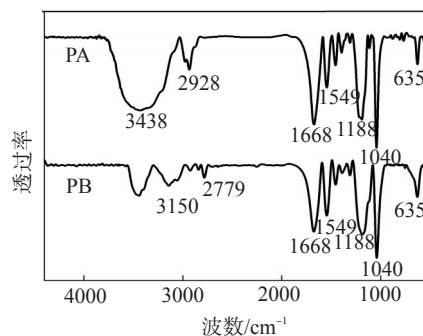


图3 PA和PB的红外光谱图

#### 2.1.2 热重分析

对聚合物 P-AB 进行热稳定性分析测试。由图 4 可知, 从开始升温至聚合物分解的温度范围内, 悬浮剂 P-AB 的热分解主要分为 3 个阶段。第 1 失重区 ( $72.3 \sim 144.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 的质量损失为 12.21%, 这是由温度升高后分子链中的自由水和结合水受热挥发所致, 聚合物在该温度段相对稳定。第 2 失重区 ( $334.5 \sim 387.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 的质量损失为 33.01%, 聚合物分子侧链大量分解。第 3 失重区 ( $453.9 \sim 628.4 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 的质量损失为 29.32%, 聚合物主链大量热分解。综上所述, 合成的聚合物悬浮剂 P-AB 具有优异的热稳定性。

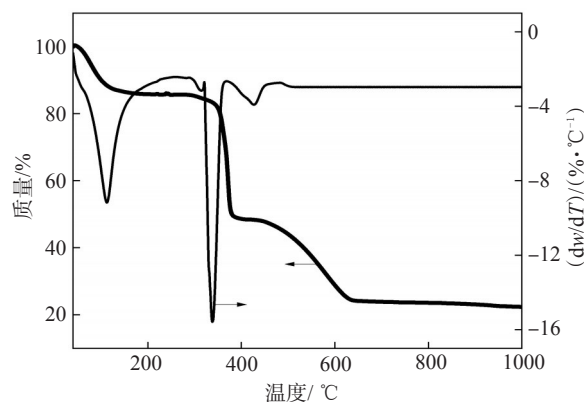


图4 P-AB的热重分析曲线

#### 2.1.3 聚合物水溶液的黏温性能

考虑到 P-AB 将用于水泥浆的水基环境中, 且用于高温下水泥浆浆体的稳定性控制, 因此考察了 P-AB 水溶液的耐温性能。在低剪切速率 ( $15.50 \text{ s}^{-1}$ ) 下, 采用高温流变仪从宏观角度研究了 1% 聚合物溶液的表观黏度随温度的变化, 结果如图 5 所示。

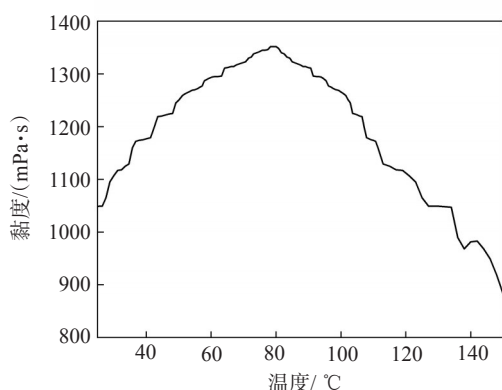


图5 P-AB水溶液的黏温性能

随初期温度的提升(25~80 °C),溶液黏度增加,具有一定的“温增黏”性能。随后随温度升高,溶液黏度开始降低,但150 °C下的黏度依然可以维持在908 mPa·s,说明聚合物P-AB具有良好的耐高温性能。这种黏温现象在于温度对分子缔合行为的影响。初期的温度提升(25~80 °C)使得溶液的溶剂化作用增强,聚合物分子链充分延伸并形成更致密的空间结构,因此聚合物溶液黏度增加。由于高分子聚合物溶液的流变性能符合非牛顿流体中的假塑性流体<sup>[16]</sup>,当温度逐渐升高至100~150 °C时,高温下分子链之间的缔合交联逐渐被破坏,流动阻力减小,且分子链沿着剪切方向伸展取向,液体层之间传递的动量大大降低,表现为黏度减小;同时温度过高会在一定程度上破坏聚合分子间的范德华力,空间网状结构部分破裂,聚合物溶液黏度降低。但其黏度降幅较小,说明聚合物依然能保持较好的交联缔合结构。

## 2.2 水泥浆性能评价

### 2.2.1 高温沉降稳定性

当水泥浆发生沉降时,水泥浆中的固相颗粒会向下运移聚集,而上层的含水量增加,最终导致环空中的水泥柱上层与下层的密度和强度不均一。因此,通过在水泥浆(基础配方)中加入不同量的P-AB,测试水泥石上、中、下段的密度来考察水泥浆的沉降稳定性。由表1可见,硅粉水泥浆体系在高温200 °C养护1 d后,浆体极不稳定,发生了明显的沉降失稳,浆体底部出现较多的沉降颗粒,上下段密度差高达0.2084 g/cm<sup>3</sup>,在100 mL水泥浆中产生游离液0.8 mL。加入0.5%~1%的聚合物悬浮剂后,水泥石上下段的密度差<0.02 g/cm<sup>3</sup>,密度变化

量减小至1%以下,游离液量为0。实验结果表明,在高温养护条件下,聚合物悬浮剂P-AB可缓解水泥浆体系的沉降失稳问题,使水泥石的上下密度更加均匀。

表1 悬浮剂对水泥石上下密度差的影响

P-AB 加量/%	水泥石密度/(g·cm <sup>-3</sup> )			上下密 度差/ (g·cm <sup>-3</sup> )	游离液量/ mL
	上部	中部	下部		
0	1.8040	1.8782	2.0124	0.2084	0.8
0.2	1.8663	1.8681	1.9098	0.0435	0
0.5	1.8778	1.8853	1.8863	0.0085	0
1.0	1.8783	1.8785	1.8892	0.0109	0

### 2.2.2 Zeta 电位

由于聚合物分子链上存在极性基团,通常认为离子型聚合物可以吸附在水泥颗粒表面。复合聚合物在G级油井水泥颗粒表面的吸附性能可通过Zeta电位来表征。复合聚合物P-AB加量对水泥浆Zeta电位的影响如图6所示。随P-AB加量增大,水泥浆Zeta电位逐渐降低。当P-AB加量大于1%时,浆体的Zeta电位基本保持不变,表明此时P-AB已在油井水泥颗粒表面达到饱和吸附。基于静电斥力双电层理论(DLVO理论)<sup>[17]</sup>,可以认为P-AB加入油井水泥浆体系后,在水泥颗粒表面形成吸附层,以其高分子交联缔合结构填充水泥颗粒间的空隙及水泥颗粒水化形成的孔洞,进而使水泥浆体系的结构变得致密,从而防止浆体发生沉降。

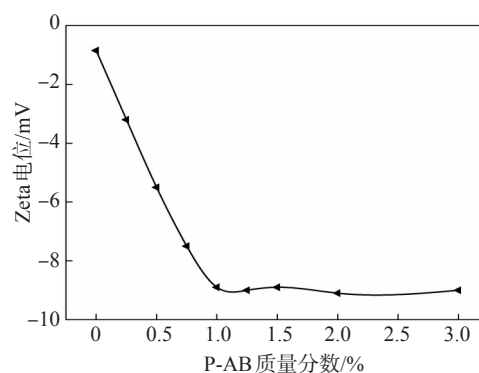


图6 聚合物P-AB加量对水泥浆Zeta电位的影响

## 2.3 悬浮稳定机理

### 2.3.1 聚合物水溶液分子形貌

PA、PB和P-AB在水溶液中的形貌图如图7所示。复配前后两种聚合物溶液的微观结构有很大的差异。PA和PB为链状结构,结构分布较杂乱,无规律性,并具有一些块状结构。而P-AB在水溶液

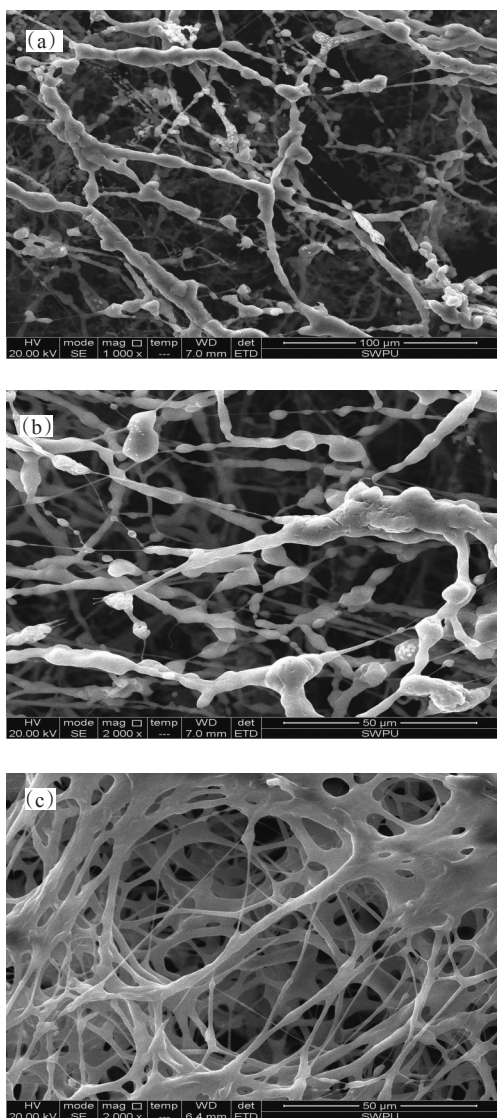


图7 PA(a)、PB(b)、P-AB(c)水溶液的扫描电镜照片

中各个分子链可通过疏水缔合相互作用和两条链段的阳离子和阴离子之间的相互作用,产生交联缔合,重叠、缠结形成均匀致密的不规则空间网架形态<sup>[18]</sup>。这样的结构有助于更好地悬浮水泥浆中的颗粒,减缓水泥浆颗粒的沉降。同时,P-AB分子中含有的大量水性化基团(如羧酸基、磺酸基等)在水溶液中水化成膜<sup>[19]</sup>,使聚合物溶液具有较高的黏性,在一定程度上也增加了固相颗粒沉降的阻力。

### 2.3.2 高分子水力学半径

为了从微观角度分析聚合物PA、PB和P-AB的缔合情况,研究了温度对聚合物水力学半径的影响。图8中,分布强度最大处所对应的值视为此温度下聚合物的平均粒径。P-AB溶液在1%加量下的

平均粒径(1092 nm)较大,且分布较宽(聚合物分散性指数PDI=1.08)。而单一的阳离子聚合物PA或阴离子聚合物PB的平均粒径小,其中PA为526.4 nm,其PDI=0.47,分布窄。P-AB的水力学半径随浓度的升高不断增长。这主要从聚合物分子中的强静电作用和疏水缔合作用分析。浓度较高时,复合聚合物分子链上阳离子基团和阴离子基团之间的静电作用使分子链趋向于收缩形成网络状,单分子链段逐渐向分子网状结构的转变使得聚合物水力学半径不断增大。而浓度较低时基团较少,静电作用只能使部分链段连结,无法形成致密的网状结构。同时,由于聚合物中疏水基团的疏水作用而发生聚集。当聚合物浓度高于某一临界浓度后,大分子链形成以分子间缔合为主的超分子结构——动态物理交联网络,流体力学体积增加<sup>[20]</sup>。这一测试结果从微观角度证实了聚合物P-AB的缔合行为。

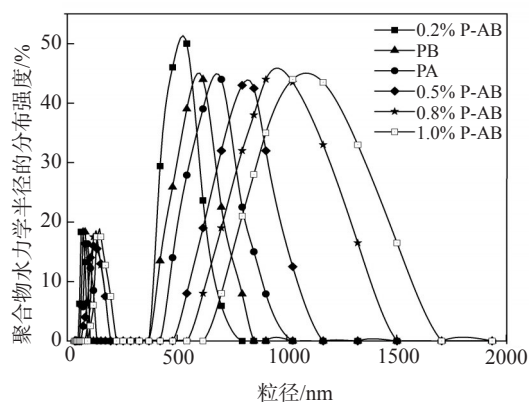


图8 PA、PB、P-AB水溶液的粒径分布图

## 3 结论

制备了由阴离子共聚物(AMPS/AM/NVP)和阳离子共聚物(DMAAC-18/AM/NVP)复合的聚电解质-疏水缔合聚合物悬浮稳定剂(P-AB)。P-AB的热稳定性较好,耐温可达334.5℃;其水溶液具有良好的耐温特性,在高温150℃以上仍能通过次级作用保持其稳定的交联缔合分子结构,对水泥颗粒起到良好的悬浮作用。在水泥浆中加入P-AB后,Zeta电位增加,浆体分散稳定性提高。P-AB主要通过水化作用增大水泥颗粒材料沉降的阻力,并通过静电吸附、疏水缔合作用等形成致密的交联网架结构,确保了水泥在高温下的稳定性。

## 参考文献:

- [1] 张功成, 屈红军, 张凤廉, 等. 全球深水油气重大新发现及启示[J]. 石油学报, 2019, 40(1): 1-34.
- [2] CONSTANTIN T, JOHANN P. Synthesis, characterization, and working mechanism of a synthetic high temperature (200 °C) fluid loss polymer for oil well cementing containing allyloxy-2-hydroxy propane sulfonic (AHPS) acid monomer [J]. J Appl Polym Sci, 2013, 128(1): 851-860.
- [3] 于永金, 丁志伟, 张弛, 等. 抗循环温度 210 °C 超高温固井水泥浆[J]. 钻井液与完井液, 2019, 36(3): 349-354.
- [4] 刘景丽, 彭松, 何武, 等. 一种油井水泥石高温稳定剂[J]. 钻井液与完井液, 2020, 37(3): 367-370.
- [5] 王涛, 申峰, 马振锋, 等. 一种评价水泥浆沉降稳定性的新方法: 微压力波动测试水泥浆滤失-沉降耦合作用[J]. 天然气工业, 2019, 39(8): 96-103.
- [6] 陈新. 热增黏聚合物合成及对水泥浆沉降稳定性的影响研究[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2018: 4-8.
- [7] 陈俊华. 不同分子结构疏水缔合聚合物复配体系性能评价与机理研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2015: 10-12.
- [8] 韩亮, 唐欣, 杨远光, 等. 新型两性离子固井降失水剂的合成与性能评价[J]. 钻井液与完井液, 2018, 35(2): 85-91.
- [9] 闫树鹏, 张冲, 吕华. 两性离子聚合物的研究进展[J]. 功能高分子学报, 2020, 33(1): 1-14.
- [10] FENG Q, CHEN X W, PENG Z G, et al. Synthesis and properties of temperature-tolerance resistant hydrophobically associating polymer suspension agent using response surface method [J]. Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects, 2021, 627: 127117.
- [11] 徐昆, 谭颖, 张文德, 等. 抗温耐盐型水溶性高分子在钻完井领域应用的研究进展[J]. 石油化工, 2014, 43(11): 1233-1239.
- [12] 张艳荣. 水泥-化学外加剂-水分散体系早期微结构与流变性[D]. 北京: 清华大学, 2014: 18-22.
- [13] FENG Q, YANG X, PENG Z G, et al. Preparation and performance evaluation of hydrophobically associating polymer anti-water channeling agent for oil well cement [J]. J Appl Polym Sci, 2021, 138(24): 50564.
- [14] 陈腾飞, 程芳, 程晓亮, 等. 天然高分子植物胶凝剂的合成及应用研究[J]. 油田化学, 2019, 36(4): 610-614.
- [15] 彭志刚, 张健, 冯茜, 等. 环境响应型聚合物对水泥石抗 CO<sub>2</sub> 腐蚀性能的影响[J]. 石油学报, 2018, 39(6): 703-711.
- [16] FAHD S A, MYSARA E M, MOHAMMED A A. Apparent and plastic viscosities prediction of water-based drilling fluid using response surface methodology [J]. Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects, 2021, 616: 126278.
- [17] 夏修建. 高温深井固井用聚合物/纳米 SiO<sub>2</sub> 复合添加剂的研究[D]. 天津: 天津大学, 2017: 130-135.
- [18] 夏修建, 于永金, 靳建洲, 等. 耐高温抗盐固井降失水剂的制备及性能研究[J]. 钻井液与完井液, 2019, 36(5): 610-616.
- [19] 谷琳. 阳离子型疏水缔合聚合物的合成与性能研究[D]. 济南: 山东大学, 2017: 73-76.
- [20] PENG Z G, ZHOU Z Y, FENG Q, et al. Synthesis and performance application of self-crosslinking water-borne epoxy resin for cementing [J]. J Appl Polym Sci, 2021, 138(40): 51351.

## Preparation and Performance Evaluation of Polyelectrolyte Hydrophobically Associating Composite Suspension Stabilizer for Cementing

ZHAO Qiyang<sup>1</sup>, YAO Yan<sup>1</sup>, YAN Haibing<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>, CHEN Xuewen<sup>2</sup>, PENG Zhigang<sup>2</sup>

(1. Chuanqing Drilling Downhole Operation Company, Chengdu, Sichuan 610051, P R of China; 2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610051, P R of China)

**Abstract:** In the cementing of deep and ultra-deep oil and gas wells, due to the influence of formation high temperature, some additives in cement slurry fail, which causes sedimentation of solid particle. As a result, the slurry loses stability and the risk of channeling increases in cementing process. Polyelectrolyte hydrophobically associating composite suspension stabilizer (P-AB) was prepared by strong electrostatic interaction between positive and negative ions using 2-acrylamide-methylpropanesulfonic acid, acrylamide, *N*-vinylpyrrolidone and *N,N*-dimethyloctadecylallyl ammonium chloride as raw materials. The structure of P-AB was characterized. Its influence on the performance of cement slurry was studied, and the suspension stability mechanism was analyzed. The results showed that P-AB could form a unique grid structure through electrostatic interaction and hydrophobic association, which helped to suspend cement particles and prevented cement slurry settlement and free water separation. At 40—150 °C, 1% P-AB aqueous solution could maintain high viscosity. After adding 0.5%—1% P-AB into cement slurry and curing at 200 °C for 1 d, the density difference between the upper and lower segments of cement stone was less than 0.02 g/cm<sup>3</sup>, and there was no free liquid of cement paste. P-AB mainly increased the settlement resistance of cement particle material through hydration, and formed a dense cross-linked network structure through electrostatic adsorption and hydrophobic association, which ensured the stability of cement at high temperature. This technology was conducive to improving the cementing quality of deep and ultra-deep wells and reducing the cementing risk.

**Keywords:** high temperature; cementation; suspending agent; hydrophobically associating polymer; polyelectrolyte; cement slurry