文章编号:1000-4092(2019)03-415-07

耐温耐盐交联聚合物颗粒的制备与评价*

宋龙飞,葛际江,吴 昊,蒋 平

(中国石油大学(华东)石油工程学院,山东 青岛 266580)

摘要:常规的丙烯酰胺交联聚合物的耐温耐盐性较差,在高温高矿化度的地层条件下会硬化,导致变形性较差,无法对深部地层产生调剖。针对以上问题,向体系中引入耐温功能单体*N*-乙烯基吡咯烷酮(NVP)和*N*,*N*-二甲基丙烯酰胺(DMAA),以二乙烯苯为交联剂、甲醛合次硫酸氢钠和过硫酸铵为引发剂、钠土为稳定剂,制得耐温耐盐的共聚物颗粒,通过向体系中引入钠土增强聚合物的韧性与刚度,研究了单体配比、各物质加量对交联聚合物吸水膨胀倍数和储能模量的影响。结果表明,交联聚合物适宜的合成条件为:单体质量分数30%,NVP与DMAA摩尔比6∶4,二乙烯苯加量0.25%,甲醛合次硫酸氢钠和过硫酸铵加量各0.15%,钠土加量3%。通过特制粉碎设备,经过两级造粒,实现颗粒粒径在1～10 mm可调。在130℃、矿化度为22×10^4 mg/L的条件下高温静置90 d,交联聚合物颗粒仍处于吸水膨胀状态,储能模量约5000 Pa,交联聚合物的耐温耐盐性提高。图13参29

关键词:交联聚合物;耐温;耐盐;膨胀倍数;储能模量

中图分类号:TE358$^+$.3 **文献标识码:**A **DOI:** 10.19346/j.cnki.1000-4092.2019.03.007

随着油田开发进入中后期,地层的非均质性问题显得尤为突出[1-3]。塔河油田为高温高盐的缝洞型油藏,毫米级裂缝发育,由于存在大裂缝和溶洞,导致注入水沿大孔道窜流严重,波及系数较低,水驱采收率很低[4-8]。早期,油田对注水井调剖主要采用冻胶类调堵剂,但冻胶类调堵剂存在地下成胶的不确定性和耐温耐盐性差等缺点[9-13]。

颗粒类堵剂解决了冻胶类调堵剂存在的问题。这类调堵剂在地面条件下已经是成品,无需在地层条件下反应或者交联,避免了很多地层因素的不利影响[14]。西北油田前期使用的颗粒型调堵剂主要是橡胶和聚苯乙烯颗粒,但其存在密度大、变形性差等特点,经常造成堵井等作业事故[15-16]。因此,急需研制一种变形性好、密度低的交联聚合物颗粒。常规的交联聚合物颗粒都是采用丙烯酰胺聚合或者聚丙烯酰胺交联而成,在高温高矿化度条件下,酰胺基团会发生水解并与地层中的钙镁离子反应,导致产物脱水甚至硬化失去变形性,无法对深部地层产生调剖[17-19]。针对上述情况,拟通过引入耐温耐盐的*N*-乙烯基吡咯烷酮(NVP)与*N*,*N*-二甲基丙烯酰胺(DMAA)进行复配[20-23],并在此基础上添加钠土作为无机填充剂得到耐温耐盐的交联聚合物;并通过工业化粉碎,得到不同粒径的交联聚合物颗粒,以适应不同尺度的裂缝地层;研究了单体配比、各物质加量对交联聚合物吸水膨胀倍数和储能模量的影响。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

N,*N*-二甲基丙烯酰胺(DMAA)、二乙烯苯、过硫酸铵、十二烷基苯磺酸钠,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;*N*-乙烯基吡咯烷酮(NVP),工业级,

* **收稿日期:**2019-03-01;**修回日期:**2019-04-20。

基金项目:十三五国家科技重大专项"表层风化壳黏弹调流体系的制备与评价"(项目编号34400007-17-ZC0607-0130)。

作者简介:宋龙飞(1994–),男,中国石油大学(华东)油气田开发工程学术硕士研究生(2017–),主要从事采油工程与提高采收率的研究工作,E-mail:15666139507@163.com。葛际江(1970–),男,本文通讯联系人,研究方向为提高采收率,通讯地址:266580 山东省青岛市黄岛区长江西路66号中国石油大学(华东)石油工程学院,E-mail:gejijiang@163.com。

上海浩茹实业有限公司；甲醛合次硫酸氢钠，化学纯，北京旭东化学试剂有限公司；国外钠土，山东宝莫生物化工有限公司；模拟地层水矿化度223802.8 mg/L，pH值为6.8，水型为$CaCl_2$，离子组成（单位mg/L）为：Ca^{2+} 11272.5、Na^{+}+K^{+} 73298.4、Mg^{2+} 1518.8、Cl^{-} 137529.5、HCO_3^{-} 183.6。

胶体磨，江苏海安石油仪器有限公司；FW-20电子万能试验机，济南唯品试验机有限公司；MCR-92哈式流变仪，奥地利安东帕有限公司；电热鼓风干燥箱，武汉亚华电炉有限公司；水浴锅，常州市金坛仪器厂；S4700扫描电子显微镜，日立高新技术公司。

1.2 共聚物颗粒的制备

拟通过使用DMAA代替常规丙烯酰胺，并与耐温功能单体NVP复配使用，在二乙烯苯的交联作用下制得耐温耐盐的共聚物颗粒；通过向体系中引入钠土，增强合成产物的韧性与刚度。具体合成步骤如下：（1）成胶液的配制：称取一定量的DMAA、NVP、十二烷基苯磺酸钠、二乙烯苯、纯水倒入烧杯，高速搅拌至二乙烯苯乳化分散到体系中；分别向上述溶液中加入钠土、甲醛合次硫酸氢钠搅拌均匀。（2）溶液聚合：向上述混合液体中通入高纯氮气15 min，然后用分液漏斗向体系中加入过硫酸铵，继续通氮直至混合液体变稠后关闭；室温反应6 h后取出，得到共聚物胶体。合成产物的空间网络结构分子式见图1。（3）胶块破碎：传统的体膨型颗粒类调堵剂由单体、交联剂、引发剂及其他添加剂在地面聚合交联，后经造粒、烘干、粉碎、筛分等工艺加工而成[24]；考虑到后续工业化破碎过程中，烘干再造粒加工成本较高，而且烘干后颗粒的变形性差，难以注入地层，因此本文拟实现共聚物颗粒不经烘干过程的直接制备。通过特制粉碎设备将聚合釜憋压聚合得到的胶块一级造粒得到粒径5～10 cm的颗粒，再经二级造粒得到粒径1～10 mm的颗粒。

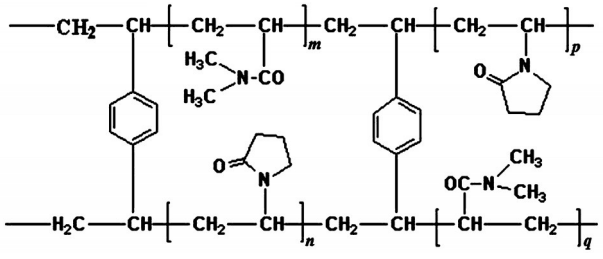


图1 交联聚合物空间网络结构分子式

1.3 评价指标

共聚物颗粒能否对地层起到一定的调剖效果取决于两个方面：（1）颗粒在地层中能否吸水发生膨胀，（2）颗粒吸水后是否具有一定的刚度。因此，为了保证合成产物的性能，分别评价了产物的膨胀倍数和储能模量，评价过程使用的交联聚合物均为未经烘干、直接合成的产物。

（1）膨胀倍数

称取一定质量m_0的共聚物颗粒放入装有模拟地层水自制的高温评价罐中，通氮除去罐中空气，并将高温评价罐放入130℃烘箱中，称量放置不同天数后交联聚合物的质量m_1，按照$(m_1-m_0)/m_0$计算交联聚合物的膨胀倍数P。为了既保证合成产物对裂缝地层能产生一定强度封堵，又保证颗粒在地层条件下具有一定的运移能力，随压力波动能不断实现颗粒向深部地层运移，要求合成的交联聚合物颗粒在塔河模拟水、130℃条件下始终吸水处于膨胀状态，但膨胀倍数小于3倍，即膨胀倍数为0～3。

（2）储能模量

储能模量的实质为杨氏模量，反映材料的弹性部分，表征材料的刚度[25]。将从上述烘箱中取出的水膨体颗粒剪1 mm薄片放到流变仪上，设定测试模式为震荡模式、应变1%～800%、频率1 Hz、每10 s取一个点，得到材料的储能模量与剪切应变之间的关系曲线。从曲线的线性黏弹区中得到材料对应的储能模量。参照中国石化集团胜利管理局企业标准Q/SH1020《冻胶类堵水调剖剂性能指标及试验方法》对于冻胶类调堵剂性能评价指标，根据水膨体的储能模量划分其刚度等级。按照材料在地层条件下老化24 h后的储能模量大小，将水膨体分为3种等级：储能模量低于300 Pa为弱刚度，储能模量300～1000 Pa为中等刚度，储能模量1000～5000 Pa为高刚度。高温老化后储能模量大于5000 Pa的水膨体，虽然刚度较大，但已经接近橡胶颗粒，变形性较差，不适用于深部地层调剖。

2 结果与讨论

2.1 单体摩尔比对交联聚合物性能的影响

耐温功能单体NVP的引入可以增强合成产物的耐温性，功能单体的用量越多，产物的耐温性也越好。但是由于功能单体成本较高，需要在性能和

成本之间寻找一个合理的用量。在30%单体质量分数、3%填充剂钠土、0.25%交联剂二乙烯苯、0.15%甲醛合次硫酸氢钠、0.15%过硫酸铵的条件下，按不同的NVP、DMAA单体摩尔比分别合成4种交联聚合物。各产物在130℃、矿化度22×10^4 mg/L条件下的动态吸水膨胀倍数和弹性的变化规律见图2。

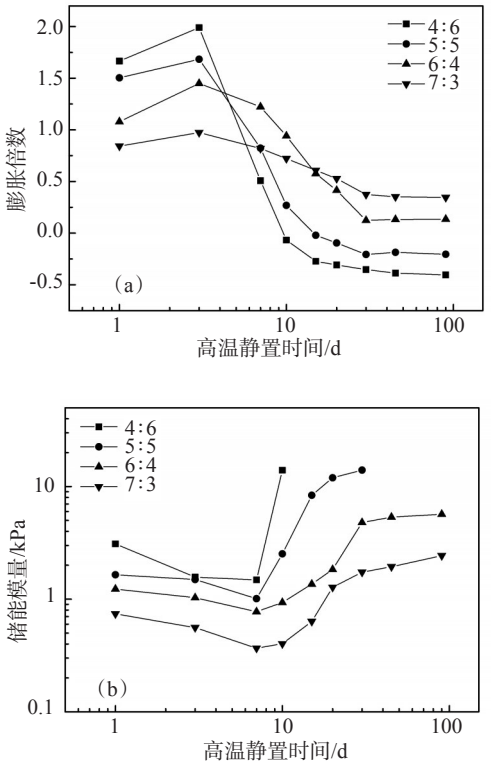


图2　NVP、DMAA单体摩尔比对交联聚合物膨胀倍数(a)、储能模量(b)的影响

由图2可见，(1)在130℃、矿化度22×10^4 mg/L的条件下，随着静置时间的延长，交联聚合物的膨胀倍数先增加后降低，对应的储能模量先减小后增加。静置0～5 d颗粒不断吸水，膨胀倍数达到峰值，对应的储能模量不断下降；静置5～7 d，颗粒开始脱水，膨胀倍数迅速降低，储能模量开始增加；静置30 d左右，交联聚合物的膨胀倍数和储能模量基本达到稳定。(2)随着体系中NVP摩尔比的增加，交联聚合物动态吸水膨胀倍数的峰值逐渐下降，而膨胀倍数最终的稳定值逐渐增加。交联聚合物的膨胀倍数峰值与稳定值之间的差值减小，即膨胀倍数的波动幅度减小。

评价初期(0～5 d)，DMAA的酰胺基团并未发生水解影响材料的保水性；相对于NVP，DMAA的亲水性较强，故在评价初期DMAA比例高的交联聚合物的膨胀倍数高；交联聚合物吸水会导致其空间网络结构密度降低，使交联聚合物的储能模量降低，弹性变差。随着交联聚合物受热时间变长，酰胺基团开始水解生成羧基[26]，羧基与地层水中的钙镁离子反应生成的链段增加了交联聚合物的交联密度(图3)。由Flory方程[27]可知，随着交联密度的增加，交联聚合物的吸水膨胀倍数逐渐降低；在微观上表现为高分子线团由松散状态转换为紧密状态，宏观上软弹体开始脱水；并且体系中DMAA比例越高，稳定时的吸水倍数越低。NVP、DMAA适宜的单体摩尔比为6∶4。

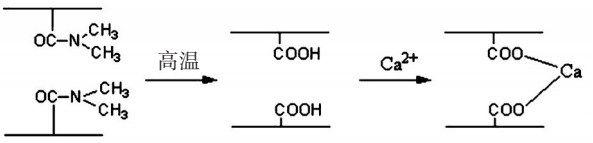


图3　*N*,*N*-二甲基丙烯酰胺水解示意图

2.2　单体加量对交联聚合物性能的影响

合成产物中单体所占的质量分数会影响合成产物的吸水能力以及吸水后产物的刚度。在3%填充剂钠土、0.25%交联剂二乙烯苯、0.15%甲醛合次硫酸氢钠、0.15%过硫酸铵的条件下，单体加量对交联聚合物性能的影响见图4。当单体加量≤15%时，成胶液在合成条件下10 h无法成胶；当单体加量为20%时，成胶液可以成胶，但生成的交联聚合物较软；当单体加量大于25%时，生成的交联聚合物力学性能较好，且随着单体加量的增大，产物的弹性逐渐变好。

由图4可见，随着体系中单体加量的增大，合成产物的吸水性能逐渐降低。对于单体加量为20%时生成的弹性较弱的交联聚合物在高温老化过程中一直保持较好的吸水性能，但高温吸水后，颗粒产物为弱凝胶状态；随着单体加量逐渐增大，吸水和保水性能逐渐变差，单体加量35%的交联聚合物在地层水中高温静置30 d后，相对于原始颗粒处于脱水状态。保持单体配比不变，随着体系中单体质量分数的增加，合成交联聚合物的空间网络结构密度会增加，相当于增加了交联聚合物的交联密度。由Flory方程可以看出，随着交联聚合物交联密度的增加，其吸水性能就会减弱，膨胀倍数就会减小。

单体加量对交联聚合物力学性能的影响与对膨胀性能的影响相反。随着单体加量的增大，合成产物的储能模量逐渐增加，弹性逐渐变好。当单体质量分数为20%时，合成的交联聚合物强度较弱，为弱凝胶。当在地层水中高温浸泡吸水后，储能模量急剧降低，弹性逐渐变差；高温浸泡45 d时，呈基本无强度无弹性的弱凝胶状态。随着单体加量的增大，一方面合成产物的交联度增加，另一方面产物吸水减少，这两方面均会导致交联聚合物空间网络结构密度增加，进而增加交联聚合物的弹性。实验发现，单体加量为30%时得到的交联聚合物的性能最优。

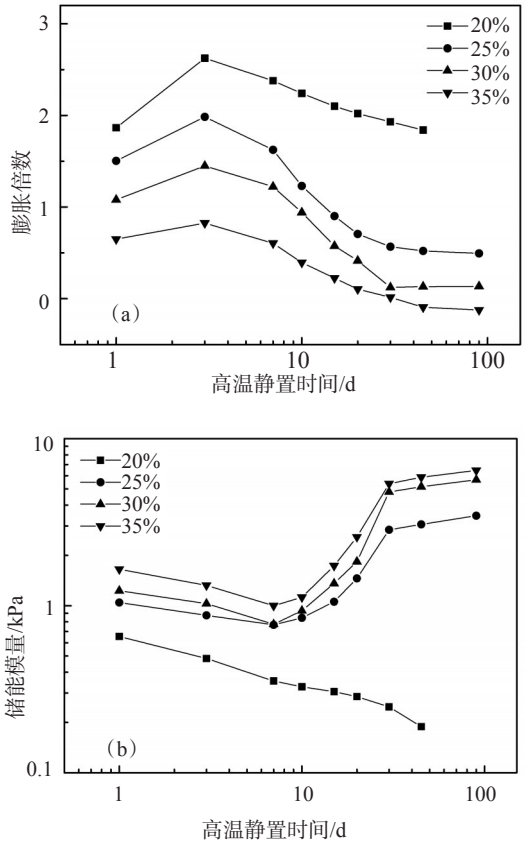


图4 单体加量对交联聚合物膨胀倍数(a)、储能模量(b)的影响

2.3 交联剂加量对交联聚合物性能的影响

增加交联剂含量可以增加合成交联聚合物的空间网络结构密度，从而增大产物的刚度；但过高的交联剂含量会导致产物的韧性较差，挤压变形时容易发生脆性破坏。在NVP∶DMAA=6∶4、30%单体加量、3%填充剂钠土、0.15%甲醛合次硫酸氢钠、0.15%过硫酸铵的条件下，交联剂二乙烯苯加量(交联剂与单体物质的量之比)对交联聚合物性能的影响见图5。

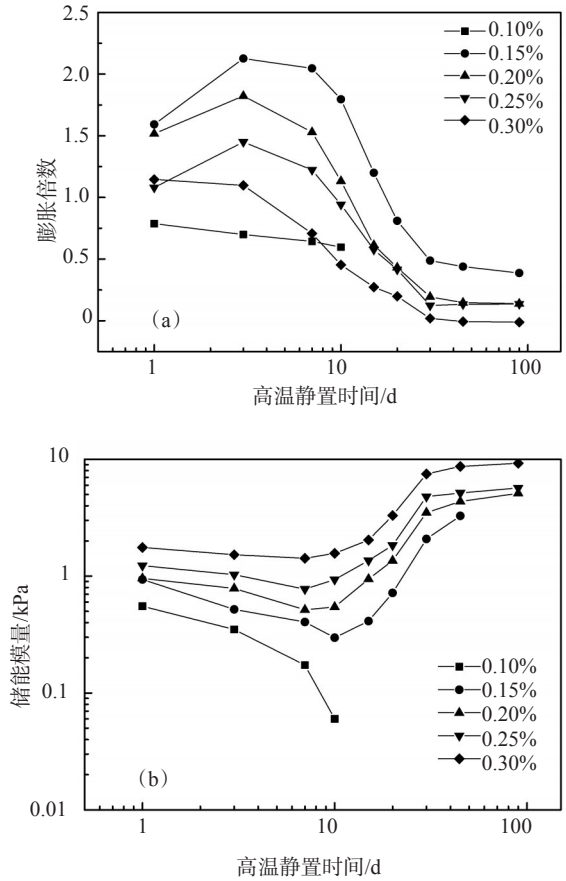


图5 交联剂加量对交联聚合物膨胀倍数(a)、储能模量(b)的影响

当二乙烯苯加量为0.05%时，交联聚合物无法成胶。交联剂含量过低导致了合成产物的空间网络结构密度较低，凝胶强度较低，呈流态。当二乙烯苯加量增至0.1%时，产物具有一定的刚度，高温静置10 d后，产物失去结构强度，呈流态。随着交联剂加量的增大，产物的空间网络结构密度增加，产物的弹性和强度变好。当二乙烯苯加量为3%时，生成的交联聚合物高温静置3个月后，颗粒几乎不膨胀，且对应的储能模量接近10 kPa，形态类似橡胶颗粒，较难在地层内部发生变形，无法实现深部地层调剖。故二乙烯苯适宜的加量为0.25%。

在高温静置过程中发现，随着交联剂加量的增大，交联聚合物的吸水性能先增强后降低，弹性则一直增加。当交联剂加量较小时，高分子链段被交联的部分较少，形成可以保水的腔体较少，吸水性

能较低;随着交联剂加量增大,交联聚合物的网状结构不断完善,水凝胶的膨胀性能和弹性都会增强。当交联剂用量高于0.15%时,随着交联剂用量的增加,水凝胶的膨胀性能逐渐降低,符合Flory方程的描述。同时从图5(b)可以看出,伴随着交联密度增加,产物空间网络结构密度增加,产物的储能模量增加、弹性变好。

2.4　填充剂加量对交联聚合物性能的影响

在共聚物体系中加入钠土可以增加交联聚合物的韧性和刚度。在NVP∶DMAA=6∶4、0.25%二乙烯苯、30%单体加量、0.15%甲醛合次硫酸氢钠、0.15%过硫酸铵的条件下,钠土加量对交联聚合物性能的影响见图6。

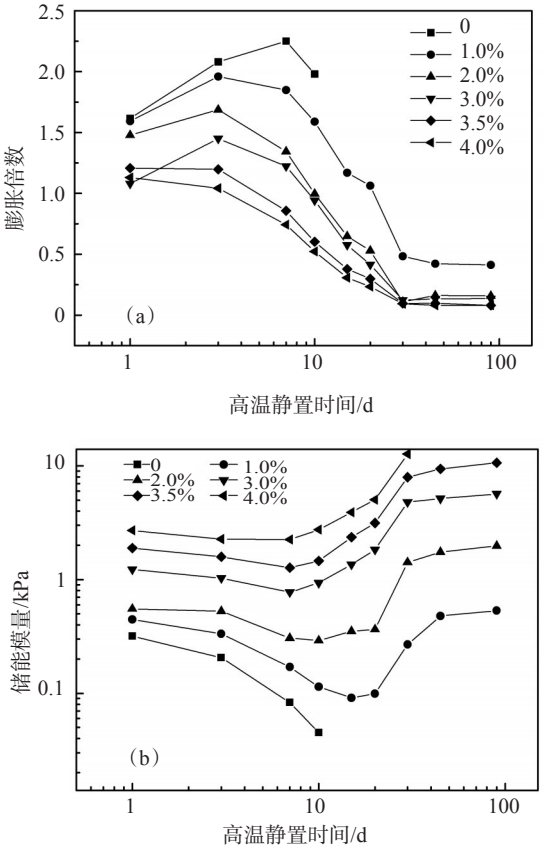
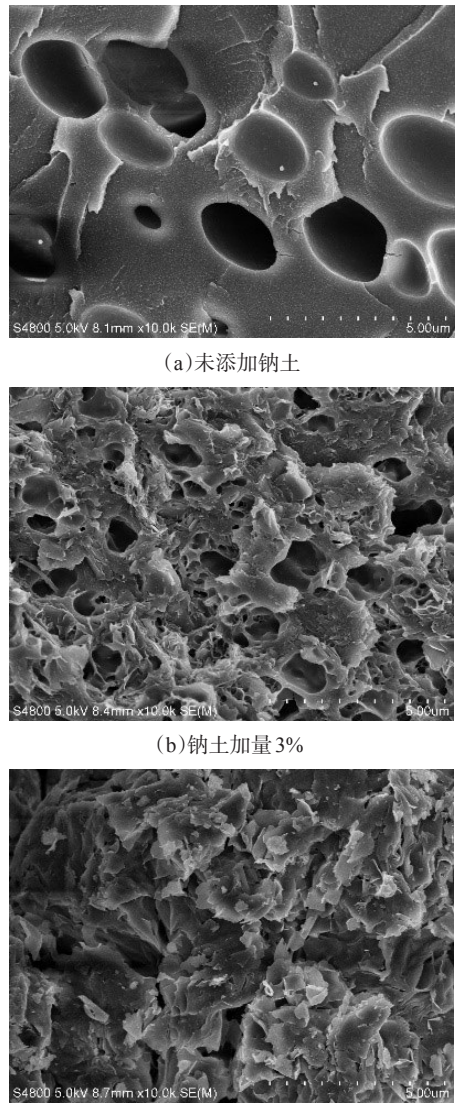


图6　钠土加量对交联聚合物膨胀倍数(a)、储能模量(b)的影响

当钠土加量为0～4%时,随钠土加量增大,交联聚合物的吸水性能逐渐降低,刚度逐渐增加。其中未添加钠土实验组高温静置15 d已成弱冻胶状态,储能模量45 Pa。钠土的最佳加量为3%。产生这种现象的主要作用机理有以下两方面:(1)单体在钠土中发生了插层原位聚合,形成了钠土-聚合物复合体[28]。钠土具有层状结构,其晶体结构是由两层硅氧四面体之间夹着一层铝氧八面体构成晶层,聚合单体可插入晶层之间,在引发剂的作用下形成聚合物-钠土的有机复合体。从图7中可以看出,与未添加钠土的交联聚合物相比,添加钠土共聚物的孔隙小,且孔隙中充填满钠土的片层结构。说明单体与钠土之间发生插层共聚。(2)钠土颗粒带有负电荷,其净电荷量的大小会影响交联聚合物的渗透压,从而影响交联聚合物的吸水膨胀性以及颗粒的强度。(3)钠土颗粒与酰氨基等形成氢键[29],增加了水凝胶的交联网格密度,降低水凝胶的吸水膨胀能力;同时,改善了交联聚合物的力学性能,增加交联聚合物的储能模量。



(a)未添加钠土

(b)钠土加量3%

(c)钠土颗粒

图7　交联聚合物产物和钠土的SEM照片

3 结论

将*N*,*N*-二甲基丙烯酰胺(DMAA)与耐温功能单体*N*-乙烯基吡咯烷酮(NVP)复配使用,以二乙烯苯为交联剂制得耐温耐盐的共聚物颗粒,通过向体系中引入钠土增强聚合物的韧性与刚度。随着NVP比例的增加,交联聚合物颗粒的吸水性能增强,储能模量降低。随单体加量增大,交联聚合物吸水性能减弱,储能模量增加。增加交联剂二乙烯苯用量可以增大交联聚合物的储能模量,使交联聚合物的刚度增加;但过高的交联剂加量会导致交联聚合物变脆,发生形变后易破碎。钠土可与单体之间通过插层原位聚合增加交联聚合物的空间网络结构,从而增大交联聚合物的储能模量。交联聚合物适宜的合成条件为:NVP、DMAA摩尔比6∶4、30%单体加量、0.25%二乙烯苯、0.15%甲醛合次硫酸氢钠、0.15%过硫酸铵、3%钠土,在130℃、矿化度22×10^4 mg/L的地层条件下高温静置3个月,交联聚合物的储能模量约5000 Pa,且始终保持吸水膨胀状态。

参考文献:

[1] AL-MUNTASHERI G A, ZITHA P L J, NASR-EL-DIN H A. A new organic gel system for water control: a computed tomography study[J]. Soc Pet Eng J, 2010, 15(1): 197-207.

[2] JIA Hu, ZHAO Jinzhou, JIN Fayang, et al. New insights into the gelation behavior of polyethyleneimine cross-linking partially hydrolyzed polyacrylamide gels [J]. Ind Eng Chem Res, 2012, 51(38): 12155-12166

[3] YOU Qing, WANG Kai, TANG Yongchun, et al. Study of a novel self-thickening polymer for improved oil recovery [J]. Ind Eng Chem Res, 2015, 54(40): 9667-9674.

[4] CHEN Lifeng, ZHANG Guicai, GE Jijiang, et al. An ultrastable hydrogel for enhanced oil recovery based on double-groups crosslinking [J]. Energy Fuels, 2015, 29(11): 7196-7203.

[5] 李滔, 李闽, 荆雪琪, 等. 孔隙尺度各向异性与孔隙分布非均质性对多孔介质渗透率的影响机理[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(3): 1-11.

[6] JIA Hu, PU Wanfen, ZHAO Jinzhou, et al. Research on the gelation performance of low toxic PEI cross-linking PHPAM gel systems as water shutoff agents in low temperature reservoirs [J]. Ind Eng Chem Res, 2010, 49(20): 9618-9624.

[7] BAI Yingrui, XIONG Chunming, WEI Falin, et al. Gelation study on a hydrophobically associating polymer/polyethylenimine gel system for water shut-off treatment [J]. Energy Fuels, 2015, 29(2): 447-458.

[8] 阳晓燕. 非均质油藏水驱开发效果研究[J]. 特种油气藏, 2019, 26(2): 152-156.

[9] 陈升. 耐高温交联聚合物冻胶的制备[J]. 当代化工研究, 2018(9): 161-162.

[10] 张弦,王海波,刘建英.蒸汽驱稠油井防汽窜高温凝胶调堵体系试验研究[J].石油钻探技术,2012,40(05):82-87.

[11] HU Shaobin, WANG Peng, CHEN Changliang, et al. Experimental study on high temperature-resistant gel for profile control [J]. Appl Mech Mater, 2015, 733: 165-168.

[12] WANG Yazhou, LIU Huiqing, PANG Zhanxi, et al. Visualization study on plugging characteristics of temperature-resistant gel during steam flooding [J]. Energy Fuels, 2016, 30 (9): 6968-6976.

[13] 周亚贤, 郭建华, 王同军, 等. 一种耐温抗盐预交联凝胶颗粒及其应用[J]. 油田化学, 2007, 24(1): 75-78.

[14] 赵修太, 陈泽华, 陈文雪, 等. 颗粒类调剖堵水剂的研究现状与发展趋势[J]. 石油钻采工艺, 2015, 37(4): 105-112.

[15] 邹正辉, 吝拥军, 李建雄, 等. 橡胶颗粒复合调剖体系在复杂断块油田的应用[J]. 石油钻采工艺, 2010, 32(5): 94-97.

[16] 王飞, 胥元刚, 万玲侠, 等. 抗盐耐温颗粒调驱剂在文南油田的应用[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(4): 121-124.

[17] GU Chenglin, LV Yahui, FAN Xiqun, et al. Study on rheology and microstructure of phenolic resin cross-linked nonionic polyacrylamide (NPAM) gel for profile control and water shutoff treatments [J]. J Pet Sci Eng, 2018, 169: 546-552.

[18] MASUIKE T, TAKI S, HARA K, et al. Change of temperature and elastic stiffness during dehydration process of polyacrylamide gel [J]. Jpn J Appl Phys, 1995, 34 (Part 1, No. 9A): 4997-5000.

[19] HARA K, MASUIKE T, NAKAMURA A, et al. Elastic property and raman spectrum evolutions during dehydration process of polyacrylamide gel [J]. Phys B Condens Matter, 1996, 219(1): 526-528.

[20] WU Y M, ZHANG B Q, WU T, et al. Properties of the forpolymer of *N*-vinylpyrrolidone with itaconic acid, acrylamide and 2-acrylamido-2-methyl-1-propane sulfonic acid as a fluid-loss reducer for drilling fluid at high temperatures [J]. Colloid Polym Sci, 2001, 279(9): 836-842.

[21] LIU Rui, PU Wanfen, QIN Peng, et al. Synthesis of AM-co-NVP and thermal stability in hostile saline solution [J]. Adv Mater Res, 2012, 602-604: 1349-1354.

[22] PANDE C S, GUPTA N. Gamma-radiation-induced graft copolymerization of acrylamide onto crosslinked poly (*N*-vinylpyrrolidone) [J]. J Appl Polym Sci, 2015, 71(13): 2163-2168.

[23] EL-HOSHOUDY A N, DESOUKY S M. Synthesis and evaluation of acryloylated starch-g-poly (acrylamide/vinylmethacrylate/1-vinyl-2-pyrrolidone) crosslinked terpolymer functionalized by

dimethylphenylvinylsilane derivative as a novel polymer-flooding agent [J]. Int J Biol Macromol, 2018, 116: 434–442.

[24] PATHMAMANOHARAN C, GROOT K, DHONT J K G. Preparation and characterization of crosslinked PMMA latex particles stabilized by grafted copolymer [J]. Colloid Polym Sci, 1997, 275(9): 897–901.

[25] CHEN Yun, SHIEH D M. Crosslinked particles of poly [*n*-(1-phenylethyl) acrylamide]: preparation and application as chromatographic stationary phases [J]. J Polym Res, 1994, 1(1): 115–122.

[26] 孔祥森，马胜义，杨振生，等. 丙烯酰胺接枝聚丙烯多孔膜及其水解后的性能[J]. 合成树脂及塑料，2013，30(5)：10–14.

[27] JANSSEN S, SCHWAHN D, MORTENSEN K, et al. Pressure-dependence of the flory-huggins interaction parameter in polymer blends: a sans study and a comparison to the Flory-Orwoll-Vrij equation of state [J]. Macromolecules, 1993, 26(21): 5587–5591.

[28] 戈明亮，阚长华，徐卫兵. 聚合物/钠土纳米复合材料的插层制备方法[J]. 材料导报，2003，17(S1)：114–116.

[29] VOROB'EV P D, KRUT'KO N P, VOROB'EVA E V, et al. Successive adsorption of polyacrylamide compounds from electrolyte solutions on the surface of kaolinitic clay particles [J]. Colloid J, 2008, 70(2): 148–151.

Preparation and Performance Evaluation of Crosslinked Polymer Particle with Temperature Resistance and Salt Tolerance

SONG Longfei, GE Jijiang, WU Hao, JIANG Ping

(*College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao, Shandong 266580, P R of China*)

Abstract: Conventional acrylamide crosslinked polymer had poor temperature and salt resistance, and would harden under high temperature and high salinity formation conditions, resulting in poor deformation and failure of profile control in deep formation. In order to solve these problems, the temperature and salt tolerant copolymer particle was prepared by introducing the functional monomers *N*-vinyl pyrrolidone (NVP) and *N*, *N*-dimethyl acrylamide (DMAA) into the system, using diethylene benzene as crosslinking agent, formaldehyde sodium bisulfate and ammonium persulfate as initiator and sodium soil as stabilizer. By introducing clay into the system to enhance the toughness and stiffness of polymer, the effects of monomer ratio, addition of various substances on water absorption expansion multiple and energy storage modulus of crosslinked polymer were studied. The results showed that the suitable synthesis condition of the crosslinked polymer was obtained as follows: 30% monomer mass fraction, 6∶4 NVP and DMAA molar ratio, 0.25% diethylene benzene dosage, 0.15% formaldehyde sodium bisulfate, 0.15% ammonium persulfate dosage, 3% sodium soil mass fraction. Through special crushing equipment and two-stage granulation, the particle size could be adjusted from 1 to 10 mm. Under the condition of 130℃ and salinity of 22×10^4 mg/L, the crosslinked polymer particle was still in the state of water absorption and expansion, and the energy storage modulus was about 5000 Pa after standing for 90 days. The temperature and salt tolerance of the crosslinked polymer was improved.

Keywords: *crosslinked polymer*; *temperature resistance*; *salt tolerance*; *expansion factor*; *storage modulus*