

# 环保型吸水膨胀聚合物凝胶的合成与评价

党娟华<sup>1</sup> 郑 峰<sup>2</sup> 杨胜利<sup>1</sup> 刘 恒<sup>1</sup>

(1. 中国石化胜利油田分公司采油工艺研究院; 2. 中国石化胜利油田分公司胜利采油厂)

**摘 要** 吸水性聚合物用于三次采油的机理是依靠这种聚合物在高含水层孔道表面产生的吸附机理与在孔道中形成的动力捕集和物理堵塞作用,在水的浸泡下,吸水性聚合物形成凝胶膨胀体,对大孔道实行封堵,起到调整吸水剖面,提高驱油效率的目的。以丙烯酸(AA)、丙烯酰胺(AM)为原料合成高吸水性聚合物凝胶,研究合成条件对聚合物凝胶吸水性能的影响,确定最佳合成条件为:当丙烯酸含量达到总量的 80% 左右,交联剂用量占单体总固含量的 0.4%、引发剂用量占单体总固含量的 0.4%、pH 为 5~11。实验结果表明:该聚合物凝胶适用于高含水油田调剖堵水,且可以重复使用,对储层无伤害。

**关键词** 聚合物凝胶 吸水膨胀性 调剖堵水

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2011)01-0038-03

## 0 引 言

我国油田地质结构复杂,油藏种类繁多,油层非均质性严重,特别是油田开发进入中后期之后,油井出水问题日益严重,开发研制堵水调剖剂越来越受到石油科技工作者的重视。吸水性聚合物用于三次采油的机理是依靠这种聚合物在高含水层孔道表面产生的吸附机理与在孔道中形成的动力捕集和物理堵塞作用。在水的浸泡下,吸水性聚合物形成凝胶膨胀体,对大孔道实行封堵,迫使水流转向,波及中低渗透区,使油层水相渗透率降低,改善了油水流动度比,起到调整吸水剖面、扩大注水波及面积、控水稳油、提高驱油效率的目的。本文研制的聚合物凝胶适用于油田调剖堵水,可以重复利用,对地层不会造成伤害。

## 1 实 验

### 1.1 主要原料与实验过程

丙烯酸、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺均为化学纯,丙烯酰胺、过硫酸铵、亚硫酸氢钠均为分析纯。

将丙烯酸、丙烯酰胺加入反应器中,将交联剂用无水乙醇溶解加入到反应器中,水浴恒温 50℃,将引发剂配成溶液进行滴加,搅拌,反应一定时间后成胶取出,切成 1 mm<sup>3</sup> 左右的颗粒,再用水洗,除去表面杂质,于 105℃ 下烘干后即得产品。

### 1.2 性能评价方法

溶胀比的测定:用分析天平精确称取一定量的产

品( $W_s$ ),放入尼龙网内,浸入待吸介质中溶胀 24 h,取出吸水溶胀的产物,用滤纸吸干表面多余的水后称量,得到其质量( $W_d$ ),溶胀率用  $SR$  来表示, $SR = (W_d - W_s) / W_s$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单体比对聚合物凝胶吸水性能的影响

温度一定,固定引发剂、交联剂用量一定,改变单体物质的量比,反应 4 h,测定凝胶的溶胀效果,结果见图 1。

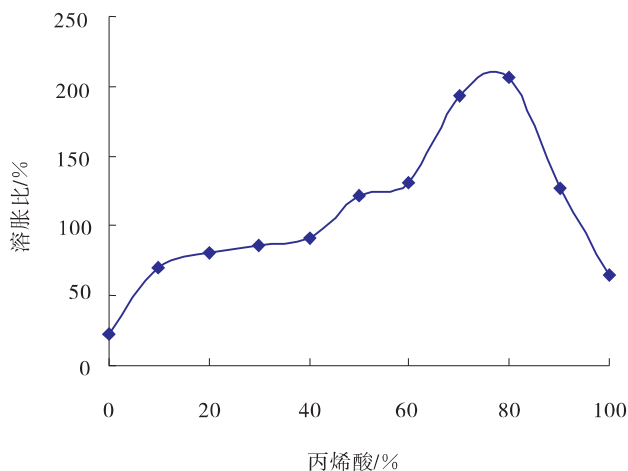


图 1 丙烯酸含量对凝胶溶胀比的影响

由图 1 可见,当丙烯酸含量达到总量的 80% 左右

时,凝胶溶胀比最大。这可能是因为:当丙烯酸量太少时,反应不够充分,形成的网络结构不够完全,不能达到凝胶的最大溶胀;当丙烯酸量太多时,丙烯酸发生自聚,也导致了凝胶溶胀比的下降;丙烯酸含量达到总量的 80% 左右时,单体之间交联度最大,凝胶网络充分吸水,所以凝胶溶胀比最大。

## 2.2 交联剂用量对聚合物凝胶吸水性能影响

固定单体配比为 1 : 4, 引发剂用量以及反应温度和反应时间与 2.1 相同, 改变交联剂用量, 测定合成凝胶的溶胀性能, 结果见图 2。

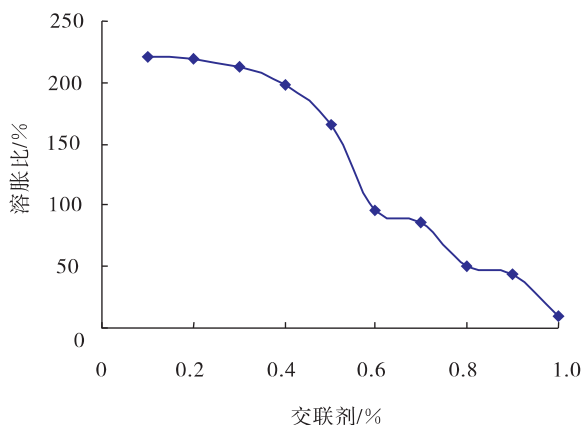


图 2 交联剂用量对凝胶溶胀比的影响

由图 2 可见,随着交联剂量的增多,凝胶溶胀比减少。这是由于交联剂用量过大时,交联密度相应增大,生成的凝胶交联点多,交联点间距小,所以靠交联点形成的凝胶网络空间变小,凝胶中的自由水减少,溶胀比降低。交联剂少,聚合物较软,且聚合物网眼较大,伸缩弹力小,故溶胀性能好;但交联剂过少,凝胶的机械强度差,综合考虑,交联剂量为单体总固含量的 0.4% 时较佳。

## 2.3 引发剂用量对聚合物凝胶吸水性能影响

固定单体配比为 1 : 4, 交联剂量为单体总固含量的 0.4% 时, 改变引发剂的用量(将其配成一定浓度的溶液, 缓慢滴入反应体系), 测定合成的水凝胶的溶胀性能, 结果见图 3。

由图 3 可知, 该反应引发剂用量为单体总固含量的 0.4% 时, 该聚合物凝胶溶胀性最好。这是因为引发剂的量直接影响到共聚物的分子量和自交联程度, 引发剂量大时, 引发反应速度过快, 使聚合不均, 从而导致交联度增加和分子量降低, 故凝胶溶胀比较低。若引发剂量太少, 聚合速度太慢, 甚至不聚合, 自交联度小, 凝胶的溶胀也比较小。

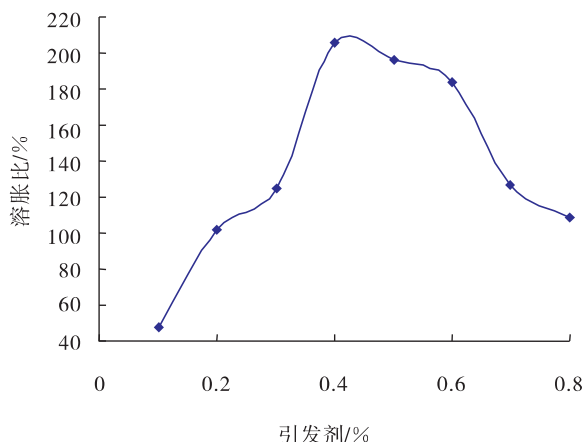


图 3 引发剂用量对凝胶溶胀比的影响

## 2.4 介质 pH 值对聚合物凝胶吸水性能的影响

将干凝胶在常温下放入不同 pH 值的水中溶胀, 一定时间后取出称量, 结果见图 4。

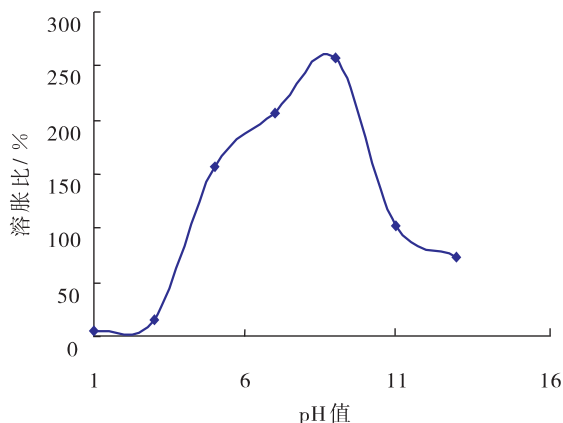


图 4 pH 值对凝胶溶胀比的影响

由图 4 可见, pH 值对凝胶溶胀比有较大的影响, pH 值在 5~11 时, 聚合物凝胶都有较好的溶胀性能。

## 2.5 离子强度对聚合物凝胶溶胀性的影响

分别将干凝胶放入 NaCl 浓度为 0、0.05、0.10、0.15、0.20、0.25 mol/L 的溶液中进行溶胀, 结果见图 5。

由图 5 中可以看出, 随着溶液离子强度的增加, 凝胶溶胀比逐渐下降。NaCl 浓度的增加使凝胶中高分子链变得卷曲, 高分子链间的疏水相互作用将增强, 从而使高分子链和水的作用减弱, 故凝胶总含水量减少。

## 2.6 介质温度对聚合物凝胶溶胀性的影响

将干凝胶放入不同温度下的蒸馏水中溶胀, 结果见图 6。