

海洋天然气水合物地层钻探钻井液低温流变性能研究

施建国^{1,2}, 高绍智^{1,2}, 蒋国盛¹, 宁伏龙¹, 张凌¹, 张昊¹, 涂运中¹

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中原油田钻井三公司, 河南 兰考 475300)

摘要:海洋天然气水合物赋存于低温和高压环境条件,以分解抑制法钻进水合物地层,常通过降低钻井液的温度来抑制水合物的分解,所以要求钻井液具有良好的低温性能。对甲酸盐海水钻井液和聚合醇海水钻井液在不同低温条件下的流变性能进行了探讨。结果表明:钻井液处理剂和水合物抑制剂均对钻井液的低温流变性能有不同程度的影响。提出在研究海洋天然气水合物地层钻探钻井液时,应合理选择钻井液体系和处理剂,确保钻井液在低温条件下具有良好的流变性能。

关键词:天然气水合物;钻探;钻井液;流变性能;低温

中图分类号:TE254 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)04-0001-03

Research on the Low Temperature Rheology Property of Drilling Fluids for the Offshore Gas Hydrate Exploration/SHI Jian-guo^{1,2}, GAO Shao-zhi^{1,2}, JIANG Guo-sheng¹, NING Fu-long¹, ZHANG Ling¹, ZHANG Hao¹, TU Yun-zhong¹ (1. Engineering Faculty of China University of Geoscience, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Zhongyuan Oil Field 3rd Drilling Engineering Company, Lankao Henan 475300, China)

Abstract: Offshore gas hydrates is hosting in the environmental condition of low temperature and high pressure. Drilling in hydrate formation with decomposing inhibition technology, drilling fluid temperature is often lowered to inhibit hydrate dissociation, so low temperature performance of drilling fluid is important. Study was made on the rheology property of formate seawater drilling fluid and polymeric alcohol seawater drilling fluid at different low temperatures; the result showed there was certain degree influence on low temperature rheology property of drilling fluid by both drilling fluid additive and hydrate inhibitor. Reasonable selection on drilling fluid system and additive should be taken into account in the study on drilling fluid for offshore gas hydrate drilling to ensure its good rheology at low temperature.

Key words: gas hydrate; drilling; drilling fluid; rheology property; low temperature

海底沉积层蕴藏有大量的天然气水合物,钻探是研究海底水合物的直接手段。目前,天然气水合物钻探基本上有2种方法,即分解抑制法和分解容许法。其中,分解抑制法是通过提高泥浆密度、增大井内压力和降低泥浆温度,将相平衡状态维持在天然气水合物的分解抑制状态的钻井方法。普遍认为,使用分解抑制法比较妥当^[1]。本文对适用于海洋天然气水合物钻探的甲酸盐海水钻井液和聚合醇海水钻井液在不同低温条件下的流变性能进行了测试、比较,以探讨低温对水合物钻井液体系流变性的影响^[2-6]。

1 实验装置及过程

在海底含水合物地层钻井中低温一般为0~4℃,以分解抑制法钻进水合物地层,常通过降低钻井液的温度来抑制水合物的分解,所以要求钻井液温

度低于地层温度,并具有良好的低温性能。

实验采用的装置是由本项目组研制的天然气水合物合成及微钻实验系统中的可编程高低温试验箱(实验设计最低温度为-4℃,经测试,本次所实验的钻井液冰点均在-4℃以下)。

钻井液体系在低温条件下的流变性测试方法:

(1) 配制钻井液,分别测量在室温条件下(20℃)热滚(80℃,16h)前后的钻井液流变性能;

(2) 将钻井液放置在天然气水合物合成及微钻实验系统中的高低温试验箱内,选择相应温度恒温冷却钻井液,当钻井液温度下降到所测温度时,恒温冷却1h,每隔10min用搅拌器快速搅拌1~2min,注意搅拌过程中保持钻井液的温度不变,最终用放置在高低温试验箱中的六速旋转粘度计在测试温度下测量钻井液的流变性;

(3) 重复试验步骤2最终测量包括15、10、6、4、

收稿日期:2009-03-09

基金项目:“863计划”专题课题“海底天然气水合物地层钻井液工艺技术研究”(2006AA09Z316)、教育部“新世纪优秀人才支持计划”项目“海底天然气水合物井壁稳定性的理论和实验研究”(NCET-05-0663)资助

作者简介:施建国(1966-),男(汉族),江苏泰州人,中国地质大学(武汉)博士研究生在读,钻井工程专业,从事石油钻井工程研究工作,湖北省武汉市鲁磨路。

0、-4℃条件下温度降低以及温度上升时,不同温度的钻井液流变性的变化情况。

2 钻井液低温流变性能

室内对本项目组为海洋水合物地层钻探研制的甲酸盐水钻井液(配方:海水+NaOH+Na₃PO₄+Na₂CO₃+HCOONa+SK-2+KPAM+LV-PAC+SMP-2+改性淀粉)和聚合醇海水钻井液(配方:海水+NaOH+Na₃PO₄+Na₂CO₃+聚合醇+SK-2+KPAM+LV-PAC+SMP-2+改性淀粉)在不同低温条件下的流变性能的变化情况进行了研究。实验结果见图1、2。

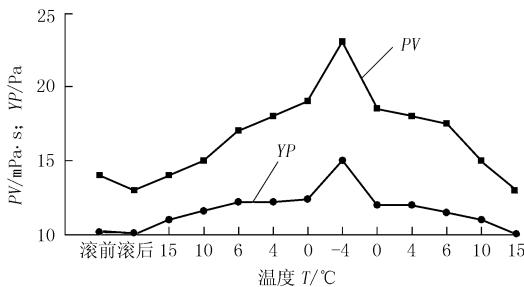


图1 甲酸盐水钻井液在不同温度下的流变性曲线图

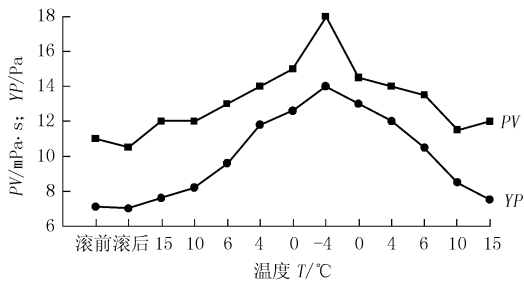


图2 聚合醇海水钻井液在不同温度下的流变性曲线图

由图1、2可以看出,2种海水钻井液在低温条件下的粘度和切力均有明显的上升。钻井液粘度、切力的变化与处理剂的种类、高分子量聚合物、水分子之间的相互作用等因素有关。

甲酸盐水钻井液的 $PV(-4℃)/PV(20℃)$ 为1.64,聚合醇海水钻井液为1.63,两者粘度增加幅度差不多。甲酸盐水钻井液的 $YP(-4℃)/YP(20℃)$ 为1.47,聚合醇海水钻井液为1.97,聚合醇海水钻井液动切力增长的幅度明显高于甲酸盐水钻井液。

3 钻井液低温流变性能的影响因素

3.1 膨润土对钻井液低温流变性的影响

将甲酸盐水钻井液和聚合醇海水钻井液中分别加入1%、2%、4%的膨润土,对它们进行低温流变性能评价,其结果见图3、4和表1。

由图3、4和表1可以看出,膨润土加量不同的

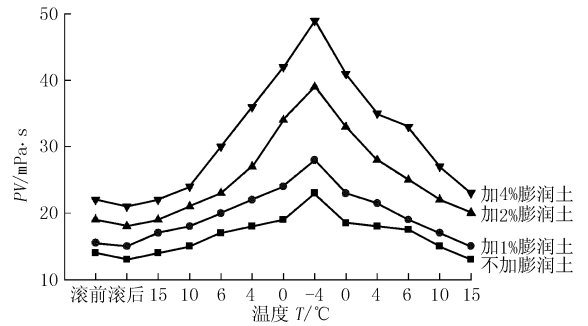


图3 不同加量膨润土对甲酸盐水钻井液体系低温流变性的影响曲线图

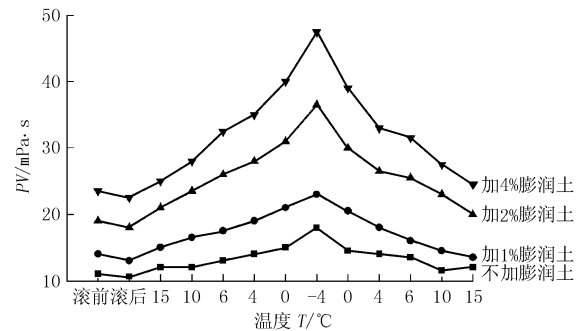


图4 不同加量膨润土对聚合醇海水钻井液体系低温流变性的影响曲线图

表1 塑性粘度随温度变化情况表

体系	$PV(-4℃)/PV(20℃)$
甲酸盐水钻井液	1.64
甲酸盐水钻井液+1%膨润土	1.8
甲酸盐水钻井液+2%膨润土	2.05
甲酸盐水钻井液+4%膨润土	2.22
聚合醇海水钻井液	1.63
聚合醇海水钻井液+1%膨润土	1.63
聚合醇海水钻井液+2%膨润土	1.92
聚合醇海水钻井液+4%膨润土	2.02

钻井液随着温度的降低,其塑性粘度有不同程度的上升,且上升幅度比较大。随着膨润土加量的增加,钻井液随着温度的降低粘度上升趋势明显。表明了粘土含量是造成钻井液在低温条件下粘度上升的重要因素。这主要是由于在低温条件减弱了粘土颗粒表面扩散层阳离子的扩散能力, ζ 电位下降,水化膜变薄,水分子渗入粘土内部的能力减弱,粘土颗粒分散度降低,从而导致粘土颗粒之间的摩擦增加,造成钻井液的塑性粘度上升。因此,在海洋水合物钻井液设计中,在满足钻井要求的条件下尽量采取少用或不用膨润土的低固相体系。这对于提高钻井速度也是很有好处的。

3.2 改性淀粉对钻井液低温流变性的影响

改性淀粉作为钻井液降滤失剂,具有较强的抗盐抗钙性,可减少钻井液对油层的污染,起携带钻屑

及使泥饼致密的作用。改性淀粉也适用于海底钻井中的高盐、低温条件,在此环境下其不易发酵变质。由于改性淀粉可生物降解,不会造成环境污染。

对分别加入0.3%、0.5%、0.8%改性淀粉的甲酸盐海水钻井液和聚合醇海水钻井液进行低温流变性性能评价,其结果见图5、6。

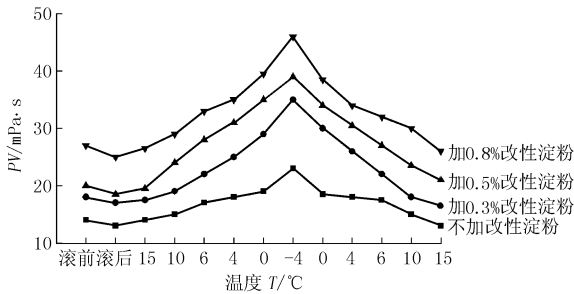


图5 不同加量改性淀粉对甲酸盐海水钻井液体系低温流变性的影响曲线图

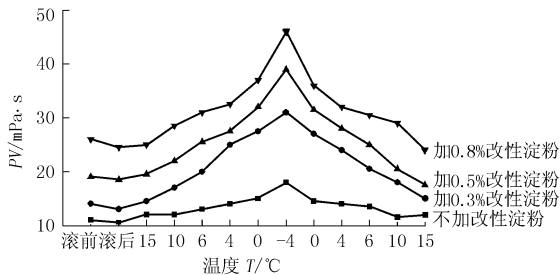


图6 不同加量改性淀粉对聚合醇海水钻井液体系低温流变性的影响曲线图

由图5、6可以看出,加入不同量改性淀粉后,钻井液随着温度降低,粘度有不同程度的上升。加入钻井液中的改性淀粉经搅拌,水分子进入淀粉粒的非结晶部分,淀粉颗粒发生膨胀并均匀分布于钻井液中。随着温度的降低,淀粉颗粒发生聚结,分散度降低,导致颗粒之间的摩擦增加,造成粘度的上升。

3.3 PVPK90对钻井液低温流变性的影响

为抑制进入钻井液循环系统的天然气重新生成水合物,水合物地层钻井液中经常加入水合物抑制剂。目前主要有两类水合物抑制剂:热力学抑制剂和动力学抑制剂。与热力学抑制剂相比,动力学抑制剂用量少,效果好,使用成本低。PVPK90是一种抑制效果较好的动力学抑制剂。

将甲酸盐海水钻井液和聚合醇海水钻井液中分别加入0.5%、1%的PVPK90,对它们进行低温流变性性能评价,其结果见图7、8。

由图7、8可以看出,不同PVPK90加量的钻井液随着温度降低,粘度有不同程度的上升。PVPK90是一种高分子聚合物,其也是造成钻井液在低温条件下粘度增加的重要因素。这主要是由于聚合物的

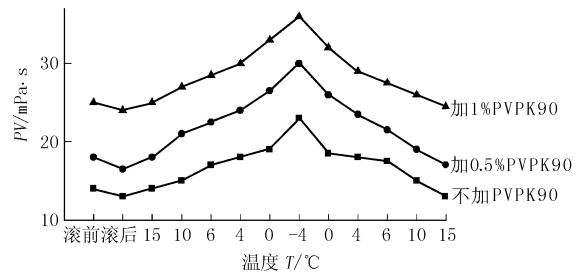


图7 不同加量PVPK90对甲酸盐海水钻井液体系低温流变性的影响曲线图

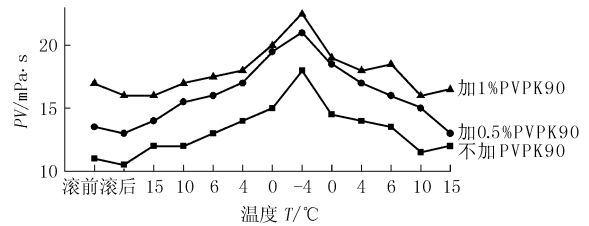


图8 不同加量PVPK90对聚合醇海水钻井液体系低温流变性的影响曲线图

类型和分子链的舒展程度会影响钻井液的流变性。随着温度的降低,高分子链有不同程度的缠结,改变分子间的摩擦,引起流变性的改变。随着高分子量聚合物加量的增长,这种在低温条件下对钻井液的流变影响就越大。因此在钻井液设计中,应尽量选用抑制效果好的动力学抑制剂,减少高分子聚合物的用量,避免低温条件下流变性变化较大。

4 结论及建议

粘土对钻井液低温流变性影响较大,含粘土的甲酸盐钻井液和聚合醇钻井液在低温条件下粘、切增长较快。淀粉和动力学抑制剂PVPK90对钻井液在低温条件下的流变性也有一定影响。

为满足海洋天然气水合物地层钻探钻井液在低温条件下具有良好的流变性能,钻井液的设计应考虑采取少用或不用膨润土的低固相体系,并使用加量少且效果好的钻井液处理剂和水合物抑制剂。

参考文献:

- [1] 蒋国盛,王达,汤凤林,等.天然气水合物的勘探与开发[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] Hege Ebeltoft, et al. Hydrate control during deepwater drilling: overview and new drilling fluids formations[J]. SPE (38567),1997.
- [3] Romero J, Touboul E. Temperature prediction for deep water wells: A field validated methodology[J]. SPE 49056, 1998.
- [4] David Trask.深水钻井用的钻井液[J].国外钻井技术,1993,8(4):31-35.
- [5] 唐翠萍,樊栓狮.天然气水合物新型抑制剂的研究进展[J].石油与天然气化工,2004,33(3):157-159.
- [6] Mike Holder.深水油气井用的钻井液设计[J].赵炜,译.国外钻井技术,1999,(2):20-23.