

新型有机硅聚合物抑制封堵剂性能及作用研究

丁晓林 柳时允 汪金花 王松涛 王香娣
浙江凌志新能源科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要:页岩地层钻井作业中容易发生生产事故,有必要对这方面进行深入研究。本文将新型有机硅聚合物抑制封堵剂作为研究对象,简单叙述实验基本方法,再对新型有机硅抑制封堵剂性能、作用、钻井液配伍性实验进行分别研究,旨在为更多油气资源生产单位提供技术参考,向市场输送更多高质量的油气资源,助力社会经济有序发展。

关键词:有机硅聚合物;封堵剂;性能抑制

引言:因为泥页岩地层钻井作业容易发生井壁失稳安全事故,所以在实际生产中会使用抑制处理剂与封堵处理剂做安全防护。可是,同时使用两种处理剂,有机硅会和地层中的黏土颗粒形成化学吸附,对泥页岩水化膨胀进行抑制,在有机硅单体和其他单体产生共聚反应,也会进一步提升泥页岩吸附性能,进而提升钻井液生产成本,需要对有机硅聚合物抑制封堵剂开展详细分析。

1 实验基本方法

1.1 实验材料与仪器

对于实验材料,本文选择钻井液用钠基膨润土、聚胺(聚醚二胺)、小阳离子(环氧丙基三甲氯化铵)。以及作为分析纯用的偶氮二异丁腈(AIBN)、N,N-二甲基甲酰胺(DMF)、丙烯酰胺(AM)、 γ -(甲基丙烯酰氧)丙基三甲氧基硅烷(KH570)、二甲基二烯丙基氯化铵(DMDAAC)、N-乙烯基吡咯烷酮(NVP)。对于实验仪器,本文选择热重分析仪、岩心制备器、线性膨胀仪、老化罐、电液伺服岩石三轴仪、离心机、乌氏黏度计、X射线衍射仪、扫描电镜。

1.2 制备新型有机硅抑制封堵剂方法

根据合适的单体比例,将AM、DMDAAC、NVP溶于DMF内,通过低速进行搅拌,同时将温度上升到60℃,再向混合物中滴加KH570。持续搅拌30min,向混合物中添加引发剂,保持连续5h的恒温反应,即可获得一种白色物质,对其烘干、粉碎处理,最后获得新型有机硅抑制封堵剂,记作ADKN^[1]。

1.3 性能测试

1.3.1 热重分析

利用热重分析仪对ADKN做热重分析,将测试温度控制在25℃~800℃之间,升温速度为10℃/min。

1.3.2 线性膨胀实验

称量10g膨润土,将其放置在岩心制备器中,设定压力数值为10MPa,保持5min的压实处理后,即可获得后

续使用所需的膨润土岩样。对当前厚度数据记录,再将岩样转移到线性膨胀仪内,将抑制剂溶液滴加在膨胀仪内,详细记录后续岩样膨胀高度以及对应的时间数据。

1.3.3 滚动回收实验

针对泥页岩材料进行充分粉碎,并进行2.00mm~3.35mm的筛网过筛处理,称量20g的岩屑,放置在老化罐内,添加350mL的抑制剂溶液,进行16h的热滚处理,再将其自然冷却到室温后,使用0.425mm筛网对岩屑做过筛处理,再将过筛后的岩屑转移到105℃的烘箱内,进行4h的烘干处理并称量。此时,烘干处理的岩屑质量和最初称量的20g岩屑质量比值,就是页岩滚动的回收率^[2]。

1.4 抑制封堵作用

1.4.1 测量吸附量

在膨润土钻井液滴加抑制剂,让两个保持充分混合,并将获得的浆液放置在离心机内,开展分离处理,速度保持4000r/min^[3]。提取上层清液,将其放置在30℃的恒温水槽内,利用乌氏黏度计确定上层清液流出时间数据,根据浓度-流出时间曲线,就可以获得有关聚合物质量浓度c数据,根据配制聚合物质量浓度c₀,获得质量浓度差数据c₀-c,结合上层清液体积V,计算吸附于膨润土的聚合物质量X,即 $X = 1000V(c_0 - c)/m$ 。其中,X是单位质量膨润土吸附聚合物质量,单位mg/g;c₀、c单位g/L;m是离心浆体的膨润土质量,单位g。

1.4.2 测量膨润土晶片层间距

在1%ADKN去离子水溶液中,滴加适量的去离子水,并将两者进行充分混合,制备膨润土浆。对其过滤处理后,再将其放置在XRD样品槽内,以常温条件下,使用X射线衍射仪测量膨润土晶片层间距。

1.4.3 扫描电镜分析

使用1.3.2章节制备的泥页岩岩样,通过扫描电镜,对于特征部位做细致分析,以3kV电压完成整个扫描程序。在取出岩样后,将其放置在1%ADKN水溶液中,进

行16h的浸泡处理,再移动到室温条件下,进行24h的干燥处理,再使用扫描电镜,对刚才观察的特征部位做二次观察。

1.5 制备钻井液

制备钻井液时,核心处理剂将选择ADKN,滴加适量的降滤失剂,配合一定量的润滑剂,即可制备钻井液,再利用重晶石做加重处理,在密度达到2.0g/后,再对钻井液性能进行测量。

2 新型有机硅抑制封堵剂性能

2.1 热重分析

通过热重分析聚合物,能够明确聚合物实际抗温能力。利用这种操作流程,针对ADKN做热重分析处理,可以发现其图像数据可以划分为三个阶段。第一阶段、70℃~287℃。在这个阶段,ADKN的失重率达到12.1%。因为聚合物吸水受潮,会在70℃~136℃期间大量蒸发水分,所以会生成较大幅度的失重;在136℃~287℃期间,ADKN失重率低于5%,原因为少数不稳定侧链基团产生热降解反应。可以证明ADKN在287℃之前,结构可以维持良好的稳定性,不会出现热降解现象;第二阶段、287℃~423℃。在这个阶段,ADKN的失重率达到51.7%。同时,聚合物分子出现大幅度的热降解反应,导致分子分散于溶液中,聚合物质量下降;第三阶段、423℃~800℃。在热重处理温度超过423℃时,聚合物分子主链进入断裂降解状态^[4]。通过以上内容可以发现,在287℃条件下,ADKN可以保持良好的稳定性,其原因是聚合物分子的主链、侧链大多依靠C-C键、C-N键连接,拥有较强的热稳定性。对于侧链中,N-乙基烯吡咯烷酮拥有刚性基团,与丙烯酰胺大分子一同成为提升ADKN热稳定性的重要因素。

2.2 线性膨胀实验

配制质量分数为3%的聚胺水溶液、3%小阳离子水溶液、1%ADKN水溶液,通过线性膨胀实验,将膨润土放置在制备的抑制剂溶液内,分析各种抑制剂下的膨润土膨胀数据,以此评价不同抑制剂对于泥页岩水化膨胀性能的抑制效果。通过分析数据后可以发现,固定质量分数条件后,对膨润土做16h的充分浸泡,聚胺水溶液的膨润土膨胀率为33%,而聚胺水溶液的聚胺水溶液为27%,下降幅度为18.18%,即ADKN在抑制泥页岩水化膨胀性能方面,要比聚胺抑制剂拥有更好的表现。这是因为ADKN分子中携带硅氧烷基团,在水接触后可以形成水化反应,从硅氧烷基团转变成硅羟基,并和膨润土表面水化生成的硅羟基形成缩合反应,构成Si-O-Si键,产生良好的化学吸附效果^[5]。而且,ADKN分子中携带阳离子

基团,在反应过程中会转变成质子,和黏土表面保持紧密关系,进而造成黏土表面无法维持原有Zeta电位,其结果即缩黏土层分子间的距离受到影响,对黏土水化产生良好的抑制效果。ADKN分子疏水基团会在反应中产生外露现象,让黏土颗粒表面获得一定的疏水效果,也会降低水分子和黏土颗粒的接触频率,进一步抑制黏土水化反应。

2.3 回收率实验

采用钻井液对页岩进行持续冲刷,分析此时页岩井壁分散情况,这就是页岩滚动回收率。可以设置若干热滚温度实验条件,对抑制剂溶液做时间为16h的页岩滚动处理。仍使用2.2章节的聚胺水溶液、小阳离子水溶液、ADKN水溶液质量分数条件。对比数据可以发现,聚胺水溶液与小阳离子水溶液在页岩滚动回收率方面表现良好,但是在实验温度从原本的160℃,提升到200℃这个期间,页岩滚动回收率则会快速降低,并在到达200℃时,丧失部分抑制分散性能。在温度上升过程中,ADKN在抑制页岩分散方面表现良好,将热滚温度调整到200℃时条件下,页岩滚动回收率仍超过76%。这是因为ADKN会在页岩表面构成拥有高键能的Si-O-Si化学键,在200℃高温条件下仍然拥有良好的强吸附效果,可以有效避免水分子和黏土颗粒接触,为后续页岩滚动回收提供良好基础条件^[6]。

3 新型有机硅抑制封堵剂作用

3.1 吸附性能

若要让页岩处理剂获得更强的应用效果,就要让其与泥页岩充分反应,但是在高温条件下,抑制剂会产生解吸附反应,造成处理剂使用性能下降。为此,需要对抑制剂吸附性能进行有效测试,以此反映抑制剂在高温条件下,是否具有稳定的使用功能。设置200℃老化条件,对于各种抑制剂的前后吸附性能变化情况进行分析。对比数据信息,可以发现在没有进行200℃的老化处理之前,提升抑制剂的质量浓度,聚胺、小阳离子、ADKN的吸附量不断提升,并在质量浓度为4g/L时达到吸附量的高峰。在此时继续提高抑制剂的质量浓度,吸附量则会逐渐降低,降低幅度较为平缓。对于ADKN,其在吸附量、吸附量增长幅度方面,均大于聚胺、小阳离子;在进行200℃的老化处理之后,聚胺、小阳离子、ADKN的吸附量均有大幅下降。其中,聚胺、小阳离子在吸附量方面没有过于明显的差异,ADKN吸附量则是超过聚胺、小阳离子吸附量约2倍~3倍。在200℃的老化处理条件下,可以有效提升抑制剂在泥页岩表面吸附效果,可以认为ADKN拥有良好的高温抑制性能。之所以产生

这种结果,是因为抑制剂会在页岩表面表现出专属的吸附机制。对于聚胺、小阳离子,是通过物理作用实现可靠吸附,例如氢键。但是在高温条件下,分子热运动幅度增加,造成物理作用下的吸附效果会快速下降,直至抑制剂吸附效果降低到一个稳定水平;对于ADKN,其在物理吸附基础上,也可以通过机硅水解反应,获得硅羟基,在发生化学缩合反应后,构成拥有更高键能的化学键,即Si-O-Si,极大提升ADKN在高温条件下的稳定性,进而表现出良好的高温抑制效果。

3.2 膨润土层间距

如果膨润土与水分子接触,前者晶层中会出现大量水分子,进而产生水化反应,膨润土会发生膨胀现象。利用X射线衍射实验可以测量膨润土层间距,从而在微观视角下,分析抑制剂发挥作用实际原因。通过图像分析,可以发现膨润土在水化反应后,层间距为16.98。如果将膨润土添加到1%ADKN水溶液中,膨润土的层间距则会降低至12.70,证明ADKN在抑制水分子深入晶层方面表现良好。因为ADKN分子可以吸附在膨润土表面,并和负电荷产生中和反应,在一定程度上控制水分子深入晶层的行为,进而实现控制黏土渗透水化反应,确保黏土层可以维持相对固定的间距,实现膨润土的水化膨胀现象的有效抑制。

3.3 扫描电镜分析

观察岩样表面时,需要使用扫描电镜,利用这种方式观察页岩使用ADKN前后,其表面发生的变化,分析ADKN的作用机制。在没有经过ADKN处理前,页岩岩样的表面凹凸不平,拥有许多微小孔隙。如果页岩岩样浸泡在水体中,比孔隙更小的水分子,可以通过孔隙渗入页岩岩样的内部。如果浸泡时间过长,水分子会对页岩岩样表面孔隙产生分离效果,进而造成页岩岩样表面脱落,这也是在页岩地层钻井作业期间,难以保证井壁稳定性的重要因素;而页岩岩样在经过ADKN浸泡处理后,

会在其表面产生吸附膜,阻止水分子侵入岩样的行为,以此达到保护页岩岩样表面的效果,规避井壁失稳、页岩岩样表面脱落情况。

4 钻井液配伍性实验

使用4%膨润土、1%的DSP(降滤失剂)与油酸甲酯、2%乳化沥青、重晶石配制水基钻井液,从中选取一半,添加ADKN,分析水基钻井液基础配方添加ADKN的配伍性能。在表观粘度方面,基础配方为27mPa·s,基础配方+ADKN为38mPa·s,增长40.74%;在塑性粘度方面,基础配方为25mPa·s,基础配方+ADKN为35mPa·s,增长40%;在动切力方面,基础配方为3mPa·s,基础配方+ADKN为4mPa·s,增长33.33%;在页岩滚动回收率方面,基础配方为60.7%,基础配方+ADKN为91.4%,增长50.58%。通过整理以上数据,可以发现基础配方中添加ADKN,水基钻井液的黏度、切力有所提升,体系滤失量下降,即ADKN拥有良好的增黏性能,可以有效控制体系滤失量。页岩滚动回收率也有较大幅度的提升,可以认为ADKN可以有效改善水基钻井液改善,和水基钻井液拥有较好的配伍效果。

结束语:本文制备的新型有机硅抑制封堵剂,可以有效抑制泥页岩的水化膨胀性能,增黏效果良好,对于提高钻井液泥页岩回收率有较大帮助,存在进一步研究价值。希望更多油气资源生产单位可以对本文制备的新型有机硅抑制封堵剂进行深入研究,以便开采更多优质油气资源,推动各个领域可持续发展。

参考文献

- [1]李茂森,尹雨红,范劲.防塌封堵剂对油基钻井液性能的影响及机理[J].当代化工研究,2022(02):90-92.
- [2]罗蕴鑫,李东明,侯彬彬,等.聚磺钻井液封堵剂对钻井液性能的影响评价[J].清洗世界,2021,37(10):39-40.
- [3]王伟吉.页岩地层核壳结构纳米封堵剂研制及应用[J].科学技术与工程,2020,20(09):3585-3590.