

无固相钻井液的研制与护壁作用机理

王文臣 靖向党 何世鸣

(长春冶金地质专科学校)

探讨了以高聚物为基础的无固相钻井液的吸附胶结和渗析胶结的护壁作用机理,以此认识为指导研制出 DWY 系列无固相钻进液,并介绍了生产应用成果。

关键词: 高聚物护壁机理; DWY 钻井液



钻探技术

以高聚物为基础的无固相钻井液,以其优越的冲孔和护壁性能,如胶结孔壁和固结岩心的性能好、流变参数可调范围大、密度低等特点,在地质钻探金刚石钻进、水文水井钻探和石油钻井液与完井液中被越来越广泛的应用。

近10年来,我们在高聚物无固相钻井液护壁作用机理和强护壁性能的 DWY 系列无固相钻井液的研究及推广应用上,取得了一些成果。

高聚物无固相钻井液护

壁作用机理

以高聚物为基础的无固相钻井液的护壁作用机理,主要有高分子的吸附胶结作用和渗析胶结作用。

1. 高分子的吸附胶结作用

无固相钻井液中常用的高分子物以线型为主,线型高分子在液-固(孔壁岩石、岩屑等)界面上的吸附作用达到平衡之前,高分子吸附层的发育,经历初始时吸附成网,随后吸附成膜的过程。当岩石表面形成一定厚度和致密度的高分子膜时,便对岩石产生

相应的胶结作用。高分子吸附膜达到吸附平衡时的厚度可能较厚,且坚韧,经历时间较长。然而,对于那些软、散、碎等易坍、掉的孔壁岩石的胶结,至关重要的是高分子的初始吸附速度,即由吸附成网到吸附成膜的过程越快越好。也就是说,在瞬间吸附形成有足够胶结性能的高分子膜,否则,孔壁稳定将失去控制。

影响高分子吸附成膜的速度和膜的致密程度的因素有:

(1) 高聚物的分子量(分子链的长度) 对于常用的线型高分子,其分子链长度对成膜速度的影响,主要表现在吸附形态上。

高聚合度的长链高分子,较多的表现为图1的吸附形态,分子链的大部分链节伸于

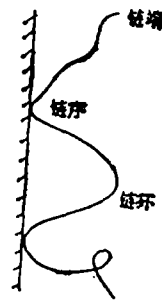


图1 长链高分子的一种吸附形态

液相中,成为链环和链端,只有少数链节(链序)吸附于固相表面。长链高分子的这种吸附形态,由于分子链与岩石的吸附链段少,对岩石的胶结作用较弱,伸向液相的链环部分必将成为其他高分子向岩石表面迁移吸附的障碍,使高分子吸附成膜的发育缓慢,膜不致密;长链高分子间容易相互缠结,也使分子向岩石表面的迁移缓慢。

图2是高聚物PHP分子量不同时,对DWY-Ⅱ-1无固相钻井液失水量的影响。图

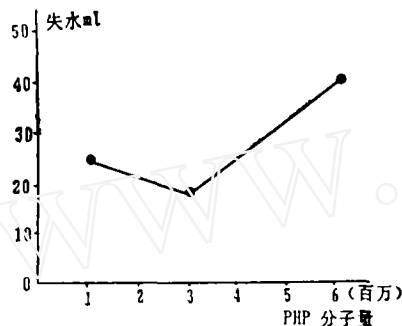


图2 DWY-Ⅱ-1无固相钻井液失水量与PHP分子量的关系
(压差 0.7 MPa)

2说明,高分子量(600万)PHP,因吸附成膜缓慢,膜不致密,使失水量增大。

某些低聚合度的高分子,有可能较多的表现为平卧式吸附形态,图3为PA-17高分

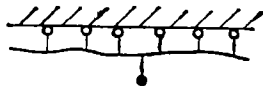


图3 某些低聚合度高分子的平卧式吸附形态

子在粘土矿物表面上的吸附形态。当然能否产生平卧吸附,还需高分子具备其他条件。平卧吸附较之有明显的链环吸附,会加快成膜速度,提高膜的致密程度。

(2) 高聚物分子链节上的官能团 用于无固相钻井液的高聚物分子,按分子链上官能团类型分,有阴离子型(聚丙烯酸钠)、非离子型(羟乙基纤维素)、阴离子和非离

子混合型(水解聚丙烯酰胺)和阳离子型(聚阳离子高分子)4种。

非离子型高分子上的官能团有一NH₂、—CONH₂、—OH、—O—等弱亲水性基团。此类高分子与水的排斥作用较强,向界面迁移的趋势大;高分子周围水化膜薄而疏松,产生吸附时的水膜阻碍小;非离子基(—OH、—NH₂等)能与某些表面裸露为氧的岩石,产生氢键结合;非离子基与表面是否带电的各类岩石的吸附无明显的选择性。以上说明,带非离子基团的高分子,具有吸附成膜的良好条件。

聚阴离子高分子,带有强亲水性基团—COO⁻、—SO₃⁻、—OSO₃⁻等,具有分子链伸展性好等对吸附成膜有利的因素,但是,由于此类高分子与水的亲合作用强、分子周围水膜厚而致密、高分子与带电岩石的吸附具有选择性等,不利于其吸附成膜,所以,通常条件下,阴离子型高分子的吸附成膜性没有非离子型高分子好。

阴—非离子混合型高分子,一般分子伸展性较好,具有较好的吸附特性。

阳离子型高聚物,国内石油钻井方面已在研究用于无固相钻井液中,钻进带负电的粘土质岩石时,增强高分子与岩石的吸附作用。

(3) 高分子的结晶性 结晶高分子,在岩石表面吸附(富集)时,分子间易形成分子排列有序的晶态结构,分子排列紧密,即高分子膜致密。高分子链的化学结构愈简单、主链的立体构型规整性及对称性愈大、主链上侧基团的空间位阻愈小、主链上存在一定的极性基团等,都能增大链间作用力或形成氢键,使高分子具有结晶性。水解聚丙烯酰胺(PHP)和水解聚丙烯腈分子链上的一CONH₂和—COONa等基团,因在分子链上的分布是无规则的,所以结晶性差。在DWY-Ⅱ-1无固相钻井液中的PA-17,为结晶态高聚物,具有很好的成膜性。

(4) 高分子浓度 钻井液中对于低聚合度、非离子基为主的, 又含有结晶态的高分子, 随其浓度增加, 成膜速度加快, 表现为失水量减少, 固结砂样性能增强。图4为PA-17在DWY-Ⅱ-1钻井液中, 其浓度的变化而引起钻井液失水量的变化。

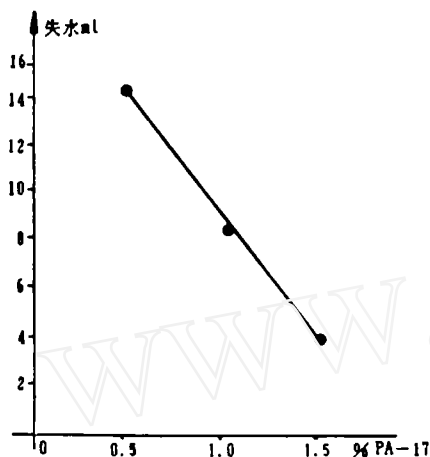


图4 PA-17浓度与DWY-Ⅱ-1钻井液失水量的关系

非结晶性的高聚合度的高分子(PHP), 当与结晶性高分子混同时, 其浓度在某一范围内增大, 钻井液的吸附胶结性能下降, 失水量有所增加(图5)。

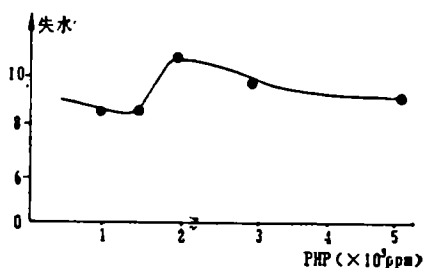


图5 PHP浓度与DWY-Ⅱ-1钻井液失水量的关系

2. 高聚物的渗析胶结作用

渗析胶结作用是高聚物(线型的或团状的)进入岩石孔隙和缝隙中, 因与孔壁表面吸附粘结和在孔道狭窄处被阻留而聚结, 起到封堵孔隙和胶结岩石的作用。高聚物的渗

析胶结作用是在钻井液进入孔壁岩石的同时发生的, 钻井液(或其滤液)进入的部位都伴有渗析胶结作用。可见, 渗析胶结作用与吸附胶结作用的机理是不同的。

影响渗析胶结作用的主要因素有高聚物分子的形态、尺寸和吸附特性等。团状高分子, 如聚硅酸胶团(分子量几百万)、线型高分子的交联结构(PHP被 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 交联, 植物胶被硼交联等), 都有利于渗析胶结作用, 并随胶团尺寸增大、胶团结构紧密而增强。

3. 无机盐对无固相钻井液护壁性能的影响

无机盐(如 KCl 、 CaSO_4 、 FeCl_3 等)除对粘土矿物具有抑制水化分散作用, 提高泥质类岩石的孔壁稳定外, 对高聚物的护壁作用有以下影响:

(1) 无机盐对高聚物分子的交联作用

水溶性高分子都可在相应的无机盐参与下发生交联反应。在无固相钻井液中, 高分子被交联的形态是复杂的, 在适度交联后, 成团状和条带状的交联物, 增强了钻井液的渗析胶结和吸附胶结作用。

(2) 无机盐改变岩石表面的电性

无机盐提供的高价阳离子(如 Fe^{3+})与表面带负电的硅酸盐类岩石, 具有很强的吸附作用, 使硅酸盐类岩石表面的电性由负变正, 带阴离子基的高分子与岩石表面间由相斥变为相吸, 从而增强高分子在该类岩石表面的吸附胶结作用。

(3) 无机盐使高分子的溶解度下降

无机盐加量达到临界浓度时, 高分子会沉析出来。

DWY系列无固相钻井液的研制和应用

1. DWY-I型无固相钻井液

(1) 基本组成 无机聚合物: 水玻璃, 8%; 有机高聚物: PHP或植物胶类,

200~500ppm; 凝聚剂: 酸或铵盐, 适量。

(2) 性能特点 密度: 1000~1020 kg/m³; 视粘度: $\eta_a = (2 \sim 10) \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$; 漏斗粘度: 17~25 s; 静切力和动切力值近似为零; 失水量: 20ml/30min到全失水(压差 0.1MPa); 润滑系数 $\mu \geq 0.33$; pH 值: 11.5~12; 松散粗砂岩样浸泡时间: 久泡不散。

调节凝聚剂加量, 钻井液能在相应的时间内凝聚, 可用于不提钻堵漏和随钻堵漏。

该钻井液中起护壁和堵漏作用的主要成分是水玻璃(硅酸钠), 在凝聚剂的作用下, 生成高聚合度的无定形SiO₂胶团, 这些胶团主要以渗析作用胶结孔壁岩石。钻进液的凝聚堵漏, 是在pH值降至10~11时, SiO₂胶团和聚硅酸离子聚合成网状立体结构而形成的。

(3) 应用情况 DWY-I 无固相钻井液, 6年多来, 已在冶金、有色、地矿等系统地质队得到了较为广泛的应用, 在钻进复杂地层的钻孔护壁和不提钻堵漏和随钻堵漏中取得了很好的效果。

2. DWY-I -1 无固相钻井液

(1) 基本组成 高聚物: 200~300 ppm; 高聚物(PA-17): 0.5~1.5%; 交联剂-A: 200~500 ppm; 交联剂-B: 0.1~0.2%。

(2) 性能特点 密度: 1000~1010 kg/m³; 漏斗粘度: 18~30 s; 视粘度: $(3 \sim 5) \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$; 静切力: 0~0.5 Pa; 失水量: 7.5~20 ml/30 min (压差 0.7 MPa); 滤饼: 薄而致密, 光滑; pH 值: 8~9; 润滑系数: 不加润滑剂与水近似, 加入 0.5% 皂化油时 $\mu = 0.11 \sim 0.12$ 。固结砂样能力: 砂样用河砂, 制成圆柱状, 烘干。

砂样浸泡试验: ①砂样放入水中立即散落。砂样放入“双聚”泥浆中浸泡 30min 时散为两半。如将砂样在该泥浆中浸泡 1min 后, 移至清水中浸泡 5min 时, 砂样全部散

开。②砂样放入DWY-I -1无固相钻井液中浸泡 1 s, 立即取出移至清水中, 并对水加以搅拌, 砂样在水中长时间(8个月)浸泡, 未发现散落现象。砂样在无固相钻井液中浸泡3~5 s, 取出砂样用水洗净表面后, 将砂样掰开, 看到砂样表层被滤液润湿, 再将两半砂样放入清水中, 发现砂样新断面上被滤液润湿的砂粒不脱落, 同样久泡不散。③浸泡页岩岩样时不发生胀裂。

上述试验表明, 该钻井液具有很强的胶结岩石的特性。这是因为钻井液中含有结晶性好的高聚物; 高聚物具有多重交联的结构特征, 交联团尺寸增大, 使钻井液的吸附胶结作用和渗析胶结作用得到强化。

(3) 应用情况 1987年山东冶金地质二队在玲珑金矿东风矿区钻进破头青断裂带, 使用DWY-I -1无固相钻井液, 取得显著的护壁效果。该矿区九曲矿段地层复杂, 钻孔严重坍、掉、漏, 先后有两个队因金刚石钻进钻孔报废而撤出该区。冶金地质二队在该地区设计3个试验钻孔, 结果使用DWY-I -1无固相钻井液的两个孔都很顺利完工, 台效分别为590m, 663m, 岩心采取率在95%以上。

1988年山西冶金地质二队, 在尧峪矿区一报废钻孔附近的ZK105孔, 应用金刚石绳钻和DWY-I -1无固相钻井液和水泥堵漏, 通过了100多m厚的松散、破碎的高岭石化、绿泥石化蚀变带及断层破碎带等极为复杂的孔段。

3. DWY-I -2 无固相钻井液

(1) 基本组成 PAB(粉剂): 0.3~0.5%; PAK(液体): 5~10%。

(2) 性能特点与DWY-I -1相近。

(3) 应用情况 辽宁有色地质 103 队在青城子矿区施工1500m, 深孔(8601孔)钻至1102m时, 钻孔严重坍塌, 曾多次灌注水泥浆和不饱和聚酯浆液, 都因坍塌层内无井眼致使灌注无效, 处理两个多月后, 使用

DWY-Ⅰ-2无固相钻井液冲孔,使坍塌层内形成井眼,再灌不饱和聚酯浆液护壁,通过了这一复杂地层。

改进后的DWY-Ⅰ-2钻井液,其基本组成为:PAA(粉):0.5~0.6%;助剂-A(块):0.03~0.04%;助剂-B(粉):0.08~0.12%。

其护壁性能又有所增强。目前已在东北地勘局某队和河南有色地质某队使用。

4. DWY-Ⅰ-3无固相钻井液

(1) 基本组成 PAA(液体):10~15%;交联剂-F:300~800 ppm;KCl:1~4.5%。

(2) 性能特点 密度:1020~1040 kg/m³;漏斗粘度:15~33 s;视粘度:(3~18)×10⁻³ Pa·s;静切力:0~0.5 Pa;失水量:8~15 ml/30 min(压差0.7 MPa);pH值:8~8.5。

固砂能力同DWY-Ⅰ-2钻井液,对泥质

类岩石的抑制水化分散作用增强。适用于油田和油田钻井。

结 论

1. 无固相钻井液中,高聚物的护壁作用机理,主要为吸附胶结作用和渗析胶结作用。

2. 高分子吸附胶结作用的强弱,取决于高分子在岩石表面吸附成膜的速度和膜的致密程度。低聚合度的、非离子型的、结晶性好的高分子,有利于加快成膜速度。高聚物的渗析胶结作用则与高分子的形态、尺寸等因素有关。

3. DWY系列无固相钻井液是以对高聚物护壁作用机理的认识为指导研制的,从该类钻井液的性能和应用效果说明,对高聚物护壁作用机理的探讨和认识,对于开发高护壁性能无固相钻井液具有重要的指导意义。

Non-solid Drilling Fluid: Its Preparation and Hole-wall Protection Mechanism

Wang Wenchen Jing Xiangdang He Shiming

Adsorption cementing mechanism and osmotic cementing mechanism of non-solid drilling fluids composed of high polymers, are discussed. By using the knowledge got from the study of hole wall protection mechanism as guidance, a DWY series of non-solid drilling fluids were prepared. In practical application, it has been proved that these fluids can effectively serve the purpose of drill hole-wall protection.

《国外黄金》杂志创刊

《国外黄金》杂志是20多家从事黄金生产、科研、设计和教学等有关单位集资共同创办的。本刊的宗旨是及时传递国外最新科技信息,以促进我国黄金工业的发展。《国外黄金》专门报道国外黄金地质、采矿、选冶、分析化验和环保等方面的生产经验和技术管理经验、科研成果、技术讨论、理论研究、专题综述和典型厂矿介绍等。《国外黄金》创刊号已与读者见面,颇受欢迎。欢迎有更多的单位参加《国外黄金》集资创办,分享国外最新信息资源。愿参加办刊的单位,请与冶金部情报标准研究总所《国外黄金》编辑部黄孔宣同志联系。北京灯市口74号,邮政编码:100730。