

膨润土——高聚合物泥浆的粘度测量

孙庆民

粘度测量一般认为是泥浆性能最基本的测量。目前,野外现场主要是用1006型漏斗粘度计测量(与水相对比较)的方法,单位为秒。近年来,随着低固相泥浆在金刚石小口径钻进中的推广应用,旋转粘度计已用于生产。其所测量的内容有以厘泊为单位的表观粘度和塑性粘度以及同时可计算出的流变性参数。

以膨润土加高分子聚合物配制的低固相泥浆,它的表观粘度具有多值的测量结果。因此,野外现场争议很大,本文对此进行初步探讨。

粘度测量实例与表现

1. 现场泥浆粘度测量(见表1*) 泥浆配

方为: 余杭膨润土60公斤/米³, HPAM 300ppm (临海产品,分子量250万,水解度50~60%), Na₂CO₃ 5% (按粘土量)。

2. 室内实验粘度测量(见表2*) 泥浆配方为: 余杭膨润土60克/升, Na₂CO₃ 3克, HPAM 300ppm (产品同前)。

表1

取 样 处	泥浆搅拌桶内	钻进时泥浆池内	钻进时循环槽处
漏斗粘度(秒)	>60	40~50	25~35

表2

造浆后静置时间	搅拌半小时	静置8小时	静置24小时
漏斗粘度	56秒	滴流, 2~3秒一滴	滴流, 7~8秒一滴
比 重	1.032	1.03	1.03
失水量(毫升/30分)	9	8.5	8.5
pH值	9	9	9

3. 两种配方泥浆的流变曲线(图1) 曲线系用ZNN—D₆旋转粘度计测得。图中N₁和N₂为同一泥浆, Z₁和Z₂也是同一泥浆。表观粘度的计算公式为:

$$\eta_{表} = \frac{5.11 \times \varnothing 600}{1022} \text{ 泊} = \frac{1}{2} \varnothing 600 \text{ 厘泊}$$

式中, 5.11为ZNN—D₆仪器的弹簧系数; $\varnothing 600$ 为600转/分时仪器度盘读数; 1022为ZNN—D₆仪器在600转/分时的剪切速率。

由于不同时间 $\varnothing 600$ 的读数不同, $\eta_{表}$ 也就不同, 导致同一泥浆在图中表现为两条位置不同的曲线。

表观粘度与剪切速率的关系示于图2。

综合表1、表2和图1、图2可以看出, 膨

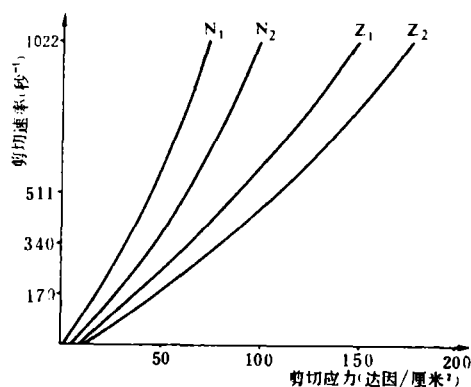


图1 两种泥浆的流变曲线

N₁—粘土60克/升, HPAM 300ppm, 搅拌半小时的曲线; N₂—粘土60克/升, HPAM 300ppm, 静置8小时的曲线; Z₁—粘土80克/升, HPAM 300ppm, 搅拌半小时的曲线; Z₂—粘土80克/升, HPAM 300ppm, 静置8小时的曲线

*使用1006型漏斗粘度计。

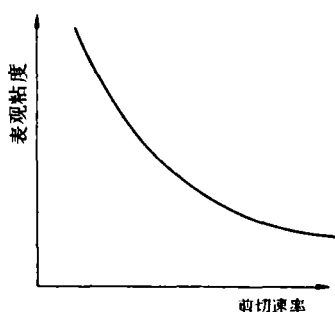


图2 粘度与剪切速率关系示意图

润土—高聚合物泥浆的表观粘度不是一个常数，而是有一个较大的变化范围。在钻进循环过程中，随着液流速度的增加，即流速梯度的增加，表现粘度下降。据有关资料介绍，在钻具喷嘴、水口或水眼处，由于速梯极高，粘度降低到接近于清水。因而有利于冲洗孔底，提高钻速。当泥浆停止循环，又随静止时间的延长，表现粘度增高，以致形成冻状粘胶体。因而，有利于悬浮岩屑，护壁防塌。这就是所谓泥浆的剪切稀释作用及触变性。

由于表观粘度的变化，流变性参数，如塑性粘度、动切力、动塑比、流性指数、稠度系数、稳定性参数以及雷诺数等，也都会随之发生相应的变化。

粘度变化的因素

1. 膨润土水化时间的影响 水是组成泥浆的主要成分。它的分子结构具有突出的特点，这就是极性強和极易形成氢键。膨润土是泥浆中重要的固相物质，由于它具有独特的晶格结构、粒度小、比表面积大和带有较多的负电荷，其中一部分颗粒已符合或接近胶体体系。所以，在水中极易分散，水化作用很强，布朗运动剧烈。加上水的强极性作用，使粘土颗粒表面直接粘结大量的水分子，并通过水化离子 Na^+ 、 K^+ 等，又间接吸附一定量的水分子，形成较厚的水化膜。

但是，一般劣质粘土基本上是惰性的，而膨润土的活性也是有局限性的，它的水化作用是随时间的延长而逐渐深化的，直至经过一段时间后最终停止水化作用。同时，由于粘土颗粒边缘可

能出现衔接，形成网状絮凝结构，包围一部分自由水或为束缚水，因而在进行水化过程中，泥浆的粘度是逐渐增加的。所以，造浆率实验要求粘土预水化24小时。在水化过程中，不同时间测得的粘度值，自然也就各不相同。尤其是漏斗粘度更为突出。

2. 网状结构和可逆变化 在膨润土—高聚合物泥浆里，高分子聚合物占有起主导作用的特殊地位。目前，应用于泥浆中的高聚合物主要是聚丙烯酰胺（PAM）以及它的一系列改性产品，分子量大于100万，多为200~300万。它的线型长链分子中，有各种不同的功能基。事实表明，这些不同的功能基，包括所谓的水化基，对膨润土水化颗粒都具有程度不同的吸附能力，同时又可吸附大量的水分子。

当高聚合物加到经过水化的粘土浆液里，一个线型长链分子可以同时吸附几个粘土颗粒，而一个粘土颗粒又可能同时被几个高分子功能团所吸附。由于吸附桥联，高聚合物与粘土形成一个空间网状结构，使所有自由水都受到分割、包围和束缚。因而，泥浆粘度急剧升高。一般地说，高聚合物的加量越大，粘度就越大。

膨润土—高聚合物泥浆体系中的空间网，它的结构强度，是随应力大小而变化的。在进行搅拌或泵送时，网状结构某些部分的衔接处被拆散，高分子或乳化粒子都按剪切方向发生细长的变形，故表现为流体。流速梯度越大粘度越低；一旦静化，网状结构便又逐渐恢复。因而随粘度升高，该泥浆可逐渐形成冻状凝胶体。

膨润土—高聚合物泥浆体系中，网状结构强度的变化，从弱到强（粘度增高），或从强到弱（粘度降低），是一个可逆的过程。结构的拆散（粘度降低）与结构的恢复（粘度升高）是可以重复的。由于固相低，高聚合物含量较高（一般达200~500ppm），使这类泥浆成为一种带屈服值的粘弹触变假塑流体，其非牛顿性是十分明显的。值得注意的是网状结构可逆的变化有一个时间的过程。所以，剪切速率的不同，以及静止时间的不同，所测得的泥浆粘度值也就不同。

粘度测量探讨

由于现场泥浆一般是采用现用现搅拌或现搅即用的办法,不可能在水化24小时后进行测定性能,在循环系统中,各处的速梯又不等,所以,很难取一个合理的粘度值来表示某种泥浆的粘度。尤其是漏斗粘度,在一定程度上似乎没有多大意义。有些资料在阐述低固相泥浆时,强调要低粘度,并以18~20秒做为标准,忽视测定条件的前提,这样以秒为单位的低粘度指标要求,会失去代表意义。

但是,为发挥漏斗粘度计的使用方便,简单实用的优点,必须对粘度测量附加固定条件,如新浆在搅拌机等同转速下,搅拌半小时后测量,循环泥浆在1/100波度的循环槽某一固定处取样测量,能够测得可供相对比较的粘度值。如果泥浆配方没有改变,而粘度提高了,就可能是发生了砂侵、泥侵,或是 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等高价阳离子的侵染。而粘度降低了,则可能是发生了水侵。

旋转粘度计是在等同的剪切速率下测量泥浆粘度的,所以更有相对比较的意义。由于新浆是逐渐向泥浆池里补充的,测定经孔内返到循环槽处的泥浆,一般粘度值不会有明显的出入。对于静置时间长的泥浆,开始切应力上升得很高,经剪切一段时间又逐渐下降,直至到达一个动平衡值,即我们所要测量的读数。在生产现场,有必要推广使用手摇二速旋转粘度计(如ZNN型等),来测量表观粘度,进而计算其流变性参数。

旋转粘度计测量表观粘度,使用600转/分的转速,其剪切速率为 1022秒^{-1} (ZNN-D₆型)。而膨润土—高聚合物泥浆,在循环系统中各处的流速梯度相差很大,低至 10秒^{-1} 以内,高达 10000秒^{-1} 以上。在金刚石小口径钻进中,直径较大的水泵进水胶管里,开始有一个塞流段,随后变为层流,而在钻头水口和环状空间段,由于通道小,流速高,加上钻具高转速的搅动剪切,便表现为

紊流。所以使用旋转粘度计,也只能是在人为固定的一个剪切速率下,测量相对比较的粘度值,不大可能与钻进时实际情况相符合。要研究流变学,需要多速旋转粘度计以及其他手段。

由上述看出,仅以一个粘度值(无论是漏斗粘度或是旋转粘度)来衡量泥浆性能是远远不够的,难免造成某些偏见。因此,只有在掌握了测定条件(切应力、剪切时间、静置时间、温度等)和掌握了下面几项密切相关的性能参数的基础上,所测粘度,才有技术上的参考意义。

1. 比重 从表2可见,不同测次的粘度变化很大,但比重保持不变。随时测定比重,能够更为及时地判断出泥浆性能的变化。在低固相泥浆的性能参数中,比重的变化比粘度更为敏感。以我队几个矿区为例,原浆比重为1.03~1.04,而循环泥浆,在微漏钻孔中达1.06,在不漏和强研磨性钻孔中达1.08,说明在粘度没有明显变化的情况下,而比重却上升了。这显然是岩粉侵入所导致。因而,可随时采取相应的除砂净化措施。实际上,比重也是含砂量指标的反映,并且要比测量含砂量方便得多。

2. 失水量 从表2可见,随静置时间即水化时间的延长,粘度在逐渐升高,而失水量略有降低,但总的看,基本保持不变。金刚石小口径钻进,要求泥浆失水量在API标准20毫升以内。当钻进到有机泥质地层,失水量会降低,粘度会增高;遇到地下水层、盐侵,失水量会上升,粘度会降低。

此外,pH值对粘度也有一定的影响。

主要参考资料

- [1] 王果庭、张春光:《聚丙烯酰胺不分散低固相泥浆》,地质出版社,1980年1月
- [2] 张春光等:《聚丙烯酰胺的成分和性能的研究》,地质出版社,1981年6月
- [3] 曾祥熹:《泥浆流变学与粘度测量》,湖南地质学会,1981年6月
- [4] 曾祥熹等:《钻孔护壁堵漏与减阻》,地质出版社,1981年9月