

植物胶无粘土冲洗液的流变性研究

牛文林^{1,2}, 陈礼仪^{1,2}

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川 成都 610059)

摘要:研究了用于松散破碎地层、深厚砂卵石层、第四系覆盖层取心钻进的植物胶无粘土冲洗液的流变性质, 提出了描述其流变性质的流变模式及合适的流变参数。

关键词:植物胶; 钻探冲洗液; 流变模式

中图分类号: P634.6*4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2006)01-0044-03

Research on the Rheology of Clay-Free Vegetable Gum Drilling Fluid/NIU Wen-lin, CHEN Li-yi (Chengdu University of Technology, Chengdu Sicuan 610059, China)

Abstract: Rheology of clay-free vegetable gum drilling fluid which is used in coring loose and broken formation, deep pebble formation and the Quaternary Period overburden was studied. The rheological model for describing rheological properties of the drilling fluid and the rheology parameters were put forward.

Key words: vegetable gum; drilling fluid; rheology model

1 问题的提出

在松散破碎地层、砂卵石层、第四系覆盖层等复杂地层进行钻探取心, 用常规泥浆进行钻进通常会出现钻孔坍塌和取心不完整的情况。长期的研究和生产实践表明, 在松散破碎地层、砂卵石层第四系覆盖层等复杂地层钻进, 特别是提高取心效果, 实现护壁、安全快速钻进的地质钻探要求, 采用植物胶类无粘土冲洗液往往会收到很好的成效。而且其配制简单, 性能稳定, 可实现自然降解, 具有很好的环保性, 集中体现了无粘土冲洗液的优良性能。

但植物胶类无粘土冲洗液具有较好的护壁与取心效果是与高粘度及高粘弹性能直接相关的, 常规的金刚石钻进“低粘度, 低切力”的冲洗液性能要求已经不适合了, 需要对在生产实践中得到植物胶无粘土冲洗液的流变性能加以认真研究, 进行归纳总结, 找出相应的流变模式。

2 钻探冲洗液的几种流变模式

2.1 牛顿模式

牛顿模式是反映牛顿流体在外力作用下流动时, 剪切应力 τ 与剪切速率 γ 成正比, 而且只要对牛顿流体施加一个外力, 即使此力很小, 也可以产生一定的剪切速率, 即开始流动。其流变曲线是一条经过原点的直线。此外流体的粘度 μ 不随剪切速率的

增减而变化, 因此只用一个参数 μ 就可以描述牛顿流体的流变性。其流变方程为:

$$\tau = \mu\gamma \quad (1)$$

水、酒精等大多数纯液体、轻质油、低分子化合物溶液以及低速流动的气体均属于牛顿流体。

2.2 宾汉模式

宾汉模式主要用来描述塑性流体的流变特性, 其典型特点是对流体施加的外力要达到一定的值(即 $\tau > \tau_s$)时流体才开始流动, 当剪切应力达到一定程度(即 $\tau > \tau_0$)之后, 塑性粘度 μ_p 不再随剪切速率增大而改变, 其流变曲线是一条不经过原点的直线。塑性粘度 μ_p 和动切力 τ_0 是塑性流体的两个重要流变参数。其流变方程为:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p\gamma \quad (2)$$

高粘土含量的冲洗液、高含蜡原油和油漆等都属于塑性流体。

2.3 幂律模式

幂律模式主要用来描述假塑性流体的流变特性。这种流体的特点是: 施加极小的剪切应力就能产生流动, 不存在静剪切应力, 它的粘度随剪切应力的增大而降低, 即剪切稀释作用。其流变曲线是通过原点并凸向剪切应力轴的曲线。流性指数 n 和稠度系数 K 是假塑性流体的两个重要参数。其流变方程为:

收稿日期: 2005-11-03

作者简介: 牛文林(1979-), 男(汉族), 辽宁营口人, 成都理工大学硕士研究生在读, 地质工程专业, 从事岩土钻掘工程方面的研究工作, 四川省成都市二仙桥东三路一号, (028)84078963, flyingbirds_1@163.com。

万方数据

$$\tau = K\gamma^n \quad (3)$$

某些钻井液、高分子化合物的水溶液以及乳状液等属于假塑性流体。

2.4 其他模式

随着冲洗液工艺和环空水力学理论的不不断发展,一些研究者提出了一些新的流变模式,其中比较有代表性的是卡森模式(4)和赫谢尔-巴尔克莱三参数流变模式(简称赫-巴模式)(5)等。

$$\tau^{1/2} = \tau_c^{1/2} + \eta_m^{1/2} \gamma^{1/2} \quad (4)$$

$$\tau = \tau_y + K\gamma^n \quad (5)$$

3 植物胶无粘土冲洗液适用的流变模式

本质上植物胶无粘土冲洗液是一种纯天然高分子聚合物体系,主要是依靠分子间的连接提高其粘度,而分子链的线性结构则是其具有很好流动性和剪切稀释特性的关键。

如图 1 所示,当植物胶高分子冲洗液静止时,其线性高分子相互“纠缠”在一起,形成空间网架结构,表现出较高的粘度和粘弹性,有利于保护岩心和排屑;当其流动时,线性高分子又被“拉长”,表现出较好的流动性,有利于泵送和提高钻速。

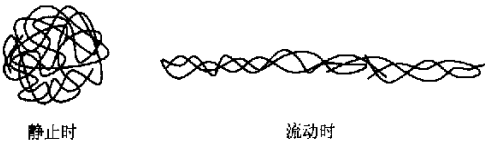


图 1 植物胶高分子间的连接方式示意图

表 1 是用 Fann35A 型旋转粘度计测得的典型植物胶无粘土冲洗液的刻度盘读数,以及由此算得的实际剪切应力与分别用宾汉模式、幂律模式、卡森模式和赫-巴模式算得的剪切应力。

表 1 典型植物胶无粘土冲洗液的测量数据表

转速 /(r· min ⁻¹)	剪切速 率 γ/ s ⁻¹	实际剪 切应力 τ/Pa	宾汉 模式 τ/Pa	幂律 模式 τ/Pa	卡森 模式 τ/Pa	赫-巴 模式 τ/Pa
600	135	1022	68.99	68.99	68.97	68.99
300	97	511	49.57	49.57	47.45	49.57
200	79	340.66	40.37	43.09	39.20	41.05
100	58	170.33	29.64	36.62	29.63	30.06
6	14	10.2	7.15	30.54	7.67	15.62
3	9	5.11	4.60	30.34	5.51	14.52

由表 1 中数据,在同一直角坐标系中绘制实际流变曲线,及由宾汉模式、幂律模式、卡森模式和赫-巴模式控制下的流变曲线,如图 2 所示。

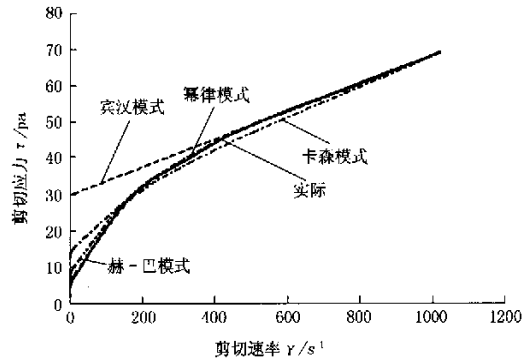


图 2 流变曲线图

由表 1 中数据及图 2 可以看出:

- (1) 在中等和较高的剪切速率范围内,幂律模式和宾汉模式均能较好地表示实际冲洗液的流动特性;
- (2) 在环形空间的较低剪切速率范围内,幂律模式比宾汉模式更接近实际冲洗液的流动特性;
- (3) 植物胶无粘土冲洗液静切力很小,主要是因为其不含粘土颗粒,因而无需破坏因粘土颗粒絮凝而形成的连续网架结构,有利于开钻。

综上所述,植物胶无粘土冲洗液的流变性质符合幂律模式,属于假塑性流体。

4 植物胶无粘土冲洗液流变参数的控制

植物胶无粘土冲洗液是一种新型钻井液体系。由于其不含固相颗粒,特别是护壁取心的高粘度和高粘弹性以及较好的携带岩屑和剪切稀释等性能要求,其流变性能要求必然与常规粘土类钻井泥浆流变性能的要求有很大的不同。表 2 是在实际工程中取得较好应用效果的典型植物胶无粘土冲洗液流变参数与典型钻井泥浆流变参数的比较,由此对植物胶无粘土冲洗液流变参数的控制要求可见一斑,并具有以下显著特点:

表 2 典型植物胶无粘土冲洗液与典型钻井泥浆流变性能的比较表

参数	表观粘 度 μ _a / (Pa·s)	稠度系 数 K/ (Pa·s ⁿ)	流性 指数 n	动切 力 τ ₀ / Pa	塑性粘 度 μ _p / (mPa·s)	动塑比 τ ₀ /μ _p /[(Pa·(mPa·s) ⁻¹)]
典型植物胶无 粘土冲洗液	67.5	2.53	0.48	30.15	38	0.8
典型钻井泥浆	19	0.92	0.44	9.20	10	0.92

注:典型钻井泥浆流变参数计算数据见参考文献[3]。

(1) 植物胶无粘土冲洗液的表观粘度比钻井泥浆高得多,这是无粘土冲洗液在复杂地层实现安全钻进和优质取心的必然要求。理论研究表明,表观粘度是流体在流动过程中所表现出的总粘度,对于

粘土类钻井泥浆来说,它既包括流体内部由于内摩擦作用所引起的粘度,又包括粘土颗粒之间及高分子聚合物之间形成空间网架结构所引起的粘度(即结构粘度)。对于无粘土的植物胶冲洗液而言,表观粘度主要是由植物胶液体的内摩擦作用和植物胶高分子间所形成的空间网架结构所引起的,特别在低剪切速率下,这种结构更加明显(见图1所示)。这也充分说明冲洗液内部植物胶分子间的网架结构比较好,排砂和携带岩屑的效果显著。

(2)幂律模式的流变参数主要由流性指数 n 和稠度系数 K 来控制。流性指数 n 表示假塑性流体在一定剪切速率范围内所表现出的非牛顿性的程度和剪切稀释性的强弱。 n 值越小,曲线的曲率越大,流体的非牛顿性越强,剪切稀释性也越强; K 值与冲洗液的粘度、切力有关。 K 值越大,粘度越高,可有效包裹岩心,提高岩心采取率及取心质量。比较结果可知,植物胶无粘土冲洗液的稠度系数要比钻井泥浆高很多,所以其维持孔壁稳定能力与包裹岩心的能力比钻井泥浆要高一些。而流性指数 n 值接近 0.5,这对冲洗液在环行空间产生较好的流核,形成平板层流是十分有利的,保证了冲洗液能有效地携带岩屑和保持井眼清洁。

(3)研究表明,植物胶无粘土冲洗液的流变性能在高剪切速率条件下,也可以用宾汉模式来描述。其中直线段的斜率即为塑性粘度 μ_p ,反映了分子间结构的拆散和恢复速度达到动态平衡时液体内部的内摩擦作用的强弱。直线段的延长线与剪切应力轴的交点即为动切力 τ_0 ,反映了冲洗液在层流流动时,植物胶高分子之间相互作用力的大小,即形成空

间网架结构能力的强弱。而动切力与塑性粘度的比值即动塑比 τ_0/μ_p ,则可以表示冲洗液剪切稀释性的强弱,动塑比越大,剪切稀释性越强。通过实际流变参数的分析可知,尽管植物胶无粘土冲洗液的动切力和塑性粘度值比典型钻井泥浆高 2 倍之多,但动塑比值却变化不大,而且更接近 3/4 的理论要求,这样就既避免了紊流液流对孔壁的冲蚀有利于防塌,而且保证了冲洗液有一定的返回速度更能有效地携带岩屑。

5 结语

综上所述,植物胶无粘土冲洗液属假塑性流体,采用幂律模式可较好地描述其流变性。由于植物胶冲洗液特有的高粘度、高粘弹性等性质决定了其应用的特殊性,建议植物胶无粘土冲洗液的流性指数 n 值保持在 0.4~0.7,稠度系数 K 值保持在 2~3 Pa·sⁿ 即可充分发挥其优良的性能。此外,通过调节流性指数 n 和稠度系数 K 实现对冲洗液流变性的控制可以适应实际钻遇的各种地层,满足高质量、高效率、低成本的钻探任务要求。

参考文献:

- [1] 黄汉仁,等. 泥浆工艺原理[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [3] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:石油大学出版社,2001.
- [4] 孙涛,等. 植物胶冲洗液的性能与开发研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4).

我国“十一五”地质找矿目标确定

2005年12月16日召开的全国国土资源局局长会议提出了我国“十一五”期间的找矿目标,即新增石油探明地质储量40~45亿t、天然气2~2.25万亿m³、铁矿石25亿t、铜矿2000万吨、煤炭普查详查资源储量1000亿t。

据了解,近年来,随着我国经济社会的快速发展,资源对经济社会发展的约束日益明显。有关统计资料显示,自1998年以来,我国钢、铜的消费以年均20%的速度增长。目前,我国已经成为全球第二大石油消费国,2003年的石油消费量占世界总供给的7%,石油年进

口量逐年攀升。我国还是全球最大的铁矿石和钢材消费国,第二大铝消费国,2003年的消费量分别占世界供给的30%、27%和25%,煤炭和水泥的消费量也分别占全球的31%和40%。与日益增长的对矿产品的需求形成强烈反差的是,我国许多矿产资源产量增长赶不上消费量增长,储量增长赶不上产量增长,矿产资源的国内保障能力下降,对外依存度过高。因此,“十一五”期间提高重要、紧缺矿产资源的保障程度,成为我国地质找矿工作的重中之重。

我国高速公路总里程达4.1万 km “十一五”再修2.4万 km

新华社消息 “十一五”期间,交通部将着手组织实施国家高速公路网规划,到2010年,新建高速公路2.4万 km,全国高速公路总里程达到6.5万 km。东部地区基本形成高速公路网,长江三角洲、珠江三角洲和京津冀地区形成较完善的城际高速公路网,国家高速公路网骨架基本形成。

万方数据

“十五”期间我国共建成高速公路2.47万 km,是“八五”和“九五”建成高速公路总和的1.5倍。全国高速公路通车总里程先后跃上了2、3、4万 km三个大台阶。到2005年底,高速公路总里程达到4.1万 km,继续稳居世界第二。