

# 泥浆高温高压流变特性测试方法及装置的应用

赵建刚

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

**摘 要** 介绍了泥浆高温高压流变性的测试原理、方法和 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪的技术改造和应用。

**关键词** 泥浆 流变性 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪 技术改造

**中图分类号** TH763.5 **文献标识码** B **文章编号** 1000-3746(2002)04-0042-02

为勘探和开发深部油气资源,需要钻探深井,国内外平均钻探深度逐年增加。例如环渤海湾、东海、塔里木等地方的钻探平均深度都已超过 6500 m。井越深,温度和压力就越高,6000~7000 m 的深井,温度可达 170~230 ℃ 或更高。深井泥浆的主要问题是泥浆的抗高温特性。

因此,在室内研制抗高温泥浆处理剂和配制泥浆体系,以及在钻井现场,都要反复测试泥浆的高温高压流变特性及其稳定性。这就要求有相应的测试装置和正确的测试方法。

## 1 高温高压泥浆流变特性的测试方法

高温高压对于泥浆的作用和影响有可逆和不可逆 2 个方面。因此,泥浆的测试工作也应从这 2 个方面加以考虑。

第一种方法(也是目前实验室常用的方法)测试过程为:首先把泥浆置于恒温罐中,在高温及其对应的饱和蒸汽压下恒温(静置或滚动)一定时间(如 16 h),然后在低温条件下进行高速搅拌,用常规流变仪(如六速粘度计)测定其流变性。比较泥浆恒温前、后性能的差别,就可以检验由于高温引起的不可逆变化对于泥浆性能的影响,它在一定程度上反映出泥浆的热稳定性。

第二种方法则是利用高温高压流变仪(如 Fann 50C、Fann 70 和 Haake RV20/D100)在设计的高温高压条件下直接测定其性能,模拟泥浆在井下高温高压环境下的实际状况,以判断泥浆性能是否满足井下实际需要。

相比之下,第二种方法测定出的结果更加准确可靠,因为它可以比较真实地模拟井下的高温高压环境,不但可以反映高温高压对泥浆的不可逆作用,而且可以反映高温高压对泥浆的可逆作用。

对于这 2 种测试方法,有如下 3 点值得注意。

(1)第一种测试方法测定的结果不能反映出高温高压对泥浆的可逆作用,因为它是在常温常压条件下进行测试的,在高温高压条件下的实际流变特性,还需要用高温高压流变仪进行测试。

(2)由于高温分散、絮凝等作用引起泥浆高温增稠、胶凝等变化。用第一种方法,在由高温高压回到常温常压条件下,先要进行高速搅拌,然后再测试其性能。这样在高温高

压条件下形成的网架结构被打开,这时测定的结果不能充分反映出泥浆在高温高压条件下的交联、增稠、胶凝等作用的影响。

(3)在实际研究工作中,2 种方法可以互为补充。因为第一种方法试验装置价格低,试验成本低,普及率高。但泥浆抗高温高压性能测试结果应以高温高压流变仪测得的数据为准,因为高温高压流变仪测试条件更加符合钻井现场条件,测试结果更加准确可靠。

## 2 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪的测试原理和技术改造

### 2.1 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪

Fann 50C 高温高压泥浆流变仪是由美国 Fann 公司(即范氏公司)生产的高温高压同轴旋转式粘度计,其最高工作压力和温度分别为 7 MPa 和 260 ℃,其剪应力测量原理如图 1 所示。泥浆装在由 2 个圆筒组成的环状间隙里,外筒转速为 0~625 r/min。外筒在泥浆中旋转,通过摩擦力的作用,带动内、外筒之间的泥浆跟着旋转,旋转的泥浆施加摩擦力于内筒,使内筒转过一个角度。测量这一角度,即可确定其剪应力值。Fann 50C 的测试结果使用一台双笔记录仪将剪应力值、样品温度值以曲线的形式输出。

Fann 50C 早期产品采用压力油的形式提供压力,适合于作水基泥浆的高温高压流变性测试,压力油对油基泥浆试验结果影响相对略大一些。Fann 50C 中期产品既可由压力油提供压力,也可由高压氮气或空气提供压力。近期产品则只由高压气源提供压力。采用气压形式后,就不存在压力油对泥浆的污染问题,以及对测试结果的影响了。

### 2.2 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪存在的问题

Fann 50C 采用一块数字显示表头来显示温度、转速(由旋钮开关控制),不直观。剪应力值和样品温度由记录仪以曲线形式记录,读取数据(从记录纸上量取)和计算流变模式参数很不方便。其控制系统由于采用分立元件,电路复杂,可靠性差。我国石油、地质等科研院所所在 20 世纪七八十年代进口的 30 多台 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪相继出现转速不稳、高速上不去、温度失调等故障而陷入了瘫痪。

### 2.3 对 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪的改造

收稿日期 2002-05-07

**作者简介** 赵建刚(1969-),男(汉族),内蒙古丰镇人,北京探矿工程研究所仪器开发部主任,工程师,电子仪器及测量技术专业,从事油田化学和石油钻井工程数据的仪器开发、进口仪器改造和维修工作,北京市海淀区学院路 29 号,(010)82326470、13621372308。

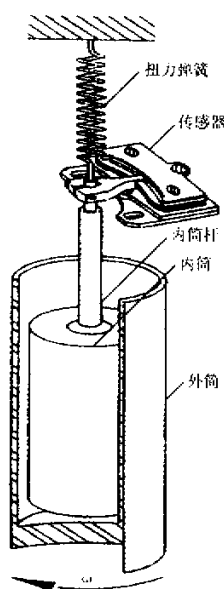


图 1 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪剪应力测试原理

针对 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪存在的问题,我所立项研制、开发了“Fann 50C HTHP 流变仪新型测控系统”。该新型测控系统采用了以 8031 单片机为核心的、由多块大规模集成电路组成的控制系统,不但保留了原机的所有功能,而且转速、剪应力值、油浴温度、样品温度、加热功率用多块显示表同时显示,只需按一下按钮,则可按 API 标准程序进行自动测试。自动控制转速并自动记录泥浆在 600、300、

200、100、6、3  $\text{r/min}$  时的剪应力值,然后自动计算卡森、宾汉、幂律 3 种模式流变特性参数并在打印机上输出。如果和计算机相连,则可将测试结果以数据库的形式加以保存,以备以后调用、比较。

## 2.4 改造后 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪的应用

采用“Fann 50C HTHP 流变仪新型测控系统”取代 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪原来控制电路系统的方式,使江苏镇江第六普查勘探大队、中国石化石油勘探开发研究院石油钻井研究所、石油勘探开发科学研究院钻井所、中海石油技术服务公司(河北燕郊)、中海油田服务有限公司湛江分公司、石油大学(北京昌平、山东东营)等单位瘫痪多年的 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪重新投入于科研和现场使用中。

使用改造好的 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪,我所将之应用于大陆科学深钻高温高压钻井液体体系流变性和热稳定性的研究,而中海油田服务有限公司湛江分公司将之应用于海上钻井平台现场测试泥浆的流变性,大大提高了测试数据的准确性和科学性,同时极大地提升了泥浆技术服务水平的档次。

## 3 结语

使用改造后的 Fann 50C 高温高压泥浆流变仪测试泥浆的流变性,可以比较真实地模拟泥浆在深井下的高温高压环境,可以同时反映高温高压对泥浆的可逆作用和不可逆作用,测定出的结果更加准确可靠,从而可以确定泥浆性能是否满足井下的实际需要。

## 参考文献:

- [1] 黄汉仁. 泥浆工艺原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1985.

(上接第 41 页)

度提高到近平衡钻进要求。钻进过程中定期补充屏蔽暂堵剂,以保持其在泥浆中的含量。

(4) 工程措施上,发现缩径遇阻,每钻进一个单根上提反循环划眼修井眼。在起钻和电测等作业前,将密度高于正常钻进时  $0.05 \sim 0.10 \text{ g/cm}^3$  的泥浆打入井筒内,并灌好泥浆,下钻到底后如有后效反应及时提高泥浆密度。

## 4 结语

通过应用,对聚合物磺化重泥浆获得以下几点认识:

(1) 体系具有良好的流变性和强抑制性。采用 FA367、XY-27 复合处理,增强了泥浆的造壁性。选用高效的降滤失剂 SK-2、SMP-1 控制滤失量,减少滤液进入地层而造成胶结强度的降低,井眼稳定。体系的使用情况证明,采用聚合物磺化重泥浆降低了井径扩大率,减少了井下复杂情况,保证了井下施工的顺利进行,提高了完井各项作业的一次成功率。

(2) 泥浆中采用 FA367、XY-27 聚合物为主要组成成分,聚合物本身就具有良好的润滑和减阻效果,从而增强了泥浆的润滑性,降低了摩阻。如在现场施工中保持聚合物含量  $\geq 0.2\%$ ,泥浆明显手感光滑。

(3) 进入油层后不能一味追求近平衡钻进,可以根据实际的油气层压力和井壁稳定的要求,适当提高泥浆密度,保证钻井过程中具有一定的正压差,以利于高质量泥饼的快速形成和巩固,达到屏蔽暂堵的目的。防止油气侵和后效反应,保证井下安全,提高钻井的速度和质量,降低钻井成本。

(4) 泥浆配制方便,维护处理简单,处理剂用量少,泥浆性能稳定。既降低了泥浆成本,又减轻了工人的劳动强度。

## 参考文献:

- [1] 杨振杰,王中华,易明新. 钻井液与完井液研究文集[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [2] 徐同台,等. 深井泥浆[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.