

# 井下钻井液密度简易计算方法

王鄂川<sup>1</sup>, 樊洪海<sup>2</sup>, 马良辉<sup>1</sup>

1. 中国石油集团海洋工程有限公司工程设计院, 北京 100028
2. 中国石油大学(北京)石油工程教育部重点实验室, 北京 102249

**摘要** 针对目前井下钻井液密度的计算问题,在综合已有的复合模型、经验模型算法的基础上,结合现场钻井液运用情况,提出一种适用于高温高压下钻井液密度的简易计算方法。分别研究液相水、液相油密度随井下温度、压力的变化规律,并考虑实际钻井液液相水、液相油的组分,根据体积比系数计算井下钻井液的密度值。选取具有一定代表性的水基、油基钻井液进行实例验证,结果表明该简易计算方法的计算精度能够满足工程要求,且具有计算简便、可操作性强等优点。

**关键词** 钻井液密度;复合模型;经验模型;简易计算方法

**中图分类号** TE22

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.09.009

## Simple method for calculating the down-hole drilling fluid density

WANG Echuan<sup>1</sup>, FAN Honghai<sup>2</sup>, MA Lianghui<sup>1</sup>

1. Engineer Design Institute, CNPC Offshore Engineering Company Limited, Beijing 100028, China
2. Key Laboratory for Petroleum Engineering of Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249, China

**Abstract** For calculation of density of drilling fluid in down-hole HTHP environment, a simplified calculation method is presented, which combines the composite model and empirical model methods with the actual on-site drilling operation. The method solves the liquid density calculation in drilling fluid composition by considering the liquid water and the liquid oil density changing with temperature and pressure as well as taking into account the components of drilling fluids. Experiment verification with a certain typical water-based drilling fluid and oil-based drilling fluid shows that the method can not only meet the calculation precision demand of engineering but also provide an easy calculation means of high operability.

**Keywords** drilling fluid density; composite model; empirical model; simple calculation method

随着钻井工程面临日益复杂的地质条件,所遇到的高温高压环境也逐渐增多。高温高压钻井面临着很多挑战,其中主要之一是钻井液的密度不再是常数,而是随着温度和压力的变化而变化。主要原因是钻井液液相具有压缩性和膨胀性,高温、高压对钻井液产生的热膨胀效应及弹性压缩效应较强。为保证钻井安全、高效、快速进行,有必要同时考虑温度及压力对钻井液密度的综合影响,以确定钻井液密度沿井深随温度、压力变化规律。目前已有的钻井液密度计算数学模型主要是两类,一是根据物质平衡原理提出的水基、柴油基钻井液密度的复合模型<sup>[1]</sup>;二是依据大量实验结果数据分析得到的经验模型<sup>[2-4]</sup>。复合模型考虑了钻井液不同液相组

分的压缩性和热膨胀性,忽略了固相的压缩性和膨胀性,使用起来比较复杂,需要对钻井液的多个不同成分(水、油、固相等)分别实验,掌握其规律才能使用,因此该模型的运用受到了较大的限制。经验模型的表达式不尽相同,使用精度也各有不同,也存在一定不足。本文结合现场钻井液实际运用情况,研究一种较为简易的高温高压下钻井液密度计算模型。

### 1 简易计算模型

井下钻井液密度简易计算模型是在复合模型的基础上简化得出。Hoerock<sup>[1]</sup>等建立的复合模型为

收稿日期:2014-09-30;修回日期:2015-03-28

基金项目:国家自然科学基金项目(51274219);中国石油天然气集团公司科学研究与技术开发项目(2013D-4507);国家科技重大专项(2011ZX05021-003)

作者简介:王鄂川,硕士,研究方向为海洋深水钻井技术及钻井水力学,电子信箱:wangechuan@163.com

引用格式:王鄂川,樊洪海,马良辉. 井下钻井液密度简易计算方法[J]. 科技导报, 2015, 33(9): 54-58.

$$\rho(p, T) = \frac{\rho_o f_o + \rho_w f_w + \rho_s f_s + \rho_c f_c}{1 + f_o \left( \frac{\rho_o}{\rho_{oi}} - 1 \right) + f_w \left( \frac{\rho_w}{\rho_{wi}} - 1 \right)} \quad (1)$$

式中,  $\rho(p, T)$  为钻井液在一定温度压力环境下的密度;  $\rho_o$  为钻井液中油相密度;  $\rho_w$  为水相密度;  $\rho_s$  为固相密度;  $\rho_c$  为化学添加剂密度;  $f_o$  为油相体积分数;  $f_w$  为水相体积分数;  $f_s$  为固相体积分数;  $f_c$  为化学添加剂体积分数;  $\rho_{oi}$  为温度、压力引起油相体积变化后的密度;  $\rho_{wi}$  为温度、压力引起水相体积变化后的密度。

若将钻井液简化为由单一液相与不同固相组成(水基钻井液及纯油基钻井液属于此种情况), 液相为水或油, 固相是除岩屑外所有其他与液相不相溶的材料。假设钻井液的固相有  $N$  种材料, 体积比分别为  $k_1, k_2, \dots, k_N$ , 其中液相的体积比为  $\lambda$ , 即

$$\lambda + \sum_{i=1}^N k_i = 1 \quad (2)$$

则复合模型表达式可简化为

$$\rho(p, T) = \frac{\rho_o(p_o, T_o)}{1 + \lambda \left( \frac{\rho_i(p_o, T_o)}{\rho_i(p, T)} - 1 \right)} \quad (3)$$

式中,  $p_o, T_o$  分别为常温及常压;  $\rho_o(p_o, T_o)$  为钻井液液相在常温及常压下的密度;  $\rho_i(p, T)$  为钻井液中液相在压力  $p$ 、温度  $T$  下的密度。

钻井过程中, 温度、压力对钻井液中固相密度的影响可以忽略, 仅考虑温度、压力对钻井液中液相密度的影响即可。温度使液相产生热膨胀效应<sup>[5,6]</sup>, 压力对其产生压缩效应, 两者共同作用使井下钻井液液相密度  $\rho_i(p, T)$  不再等于地表常温常压下的密度  $\rho_o(p_o, T_o)$ , 导致井下钻井液密度  $\rho(p, T)$  也不再等于地表钻井液密度  $\rho_o(p_o, T_o)$ 。由式(3)分析可知, 计算高温高压下钻井液密度的关键是计算高温高压下钻井液液相的密度  $\rho_i(p, T)$ <sup>[7,8]</sup>。液相密度计算可分为纯水、纯油和油包水型或水包油型等几种情况, 因此本文分别考虑液相密度的计算。

## 2 计算方法

### 2.1 液相水的密度计算

液相水密度的计算, 主要根据水的压缩系数  $\alpha$ 、膨胀系数  $\beta$  与水的密度之间的关系式。在一定温度下, 用压缩系数表示的水的密度计算式为

$$\rho_w = \rho_{w0} e^{\alpha(p-p_o)} \quad (4)$$

式中,  $\rho_{w0}$  为初始状态时水的密度;  $p_o$  初始压力。

同理, 一定压力下用膨胀系数表示的水的密度计算式为

$$\rho_w = \rho_{w0} e^{\beta(T_o-T)} \quad (5)$$

式中,  $\rho_{w0}$  为初始状态下水的密度;  $T_o$  为初始温度。

因此, 在不同温度、压力下, 可通过综合式(4)和式(5)计算水的密度。

常温(20℃)时, 水在不同压力 0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 MPa

的压缩系数分别为  $5.29 \times 10^{-10} \text{Pa}^{-1}$ 、 $5.27 \times 10^{-10} \text{Pa}^{-1}$ 、 $5.21 \times 10^{-10} \text{Pa}^{-1}$ 、 $5.13 \times 10^{-10} \text{Pa}^{-1}$ 、 $5.05 \times 10^{-10} \text{Pa}^{-1}$ 。对上述数据拟合可得不同压力、压缩系数的关系式

$$\alpha = -9 \times 10^{-7} \ln p + 5 \times 10^{-5} \quad (6)$$

若选定初始温度、初始压力为常温( $T_o=20^\circ\text{C}$ )和常压( $p_o=10^1 \text{MPa}$ ), 则初始水密度近似为  $998.2 \text{ kg/m}^3$ 。综合式(4)和式(6), 采取叠加求和计算方法, 则温度  $20^\circ\text{C}$  时,  $N$  个大气压下水密度计算公式为

$$\rho_{w(N,20)} = 998.2 e^{(N-1)(-9 \times 10^{-7} \ln p + 5 \times 10^{-5})} \quad (7)$$

式中,  $\rho_{w(N,20)}$  为在  $20^\circ\text{C}$ 、 $N$  个大气压下水的密度,  $\text{kg/m}^3$ 。

采取相同的方法, 研究在一定压力时不同温度下水的密度计算公式。水在不同温度、压力下的膨胀系数如表1所示。

表1 水在不同温度压力下的膨胀系数  
Table 1 Water expansion value under different temperature and pressure

$p/\text{MPa}$	$T/^\circ\text{C}$				
	0~10	10~20	40~50	60~70	90~100
0.1	0.000014	0.000150	0.000422	0.000556	0.000719
10	0.000043	0.000165	0.000422	0.000548	0.000704
20	0.000072	0.000183	0.000426	0.000539	0.000704
50	0.000149	0.000236	0.000429	0.000523	0.000661

对表1的膨胀系数进行数据拟合, 可得

$$p = 0.1 \text{ MPa}, \quad \beta = -4 \times 10^{-8} T^2 + 1 \times 10^{-5} T - 10^{-4} \quad (R^2 = 0.9989)$$

$$p = 10 \text{ MPa}, \quad \beta = -4 \times 10^{-8} T^2 + 1 \times 10^{-5} T - 6 \times 10^{-5} \quad (R^2 = 0.9992)$$

$$p = 20 \text{ MPa}, \quad \beta = -3 \times 10^{-8} T^2 + 1 \times 10^{-5} T - 2 \times 10^{-5} \quad (R^2 = 0.9987)$$

$$p = 50 \text{ MPa}, \quad \beta = -2 \times 10^{-8} T^2 + 8 \times 10^{-6} T - 8 \times 10^{-5} \quad (R^2 = 0.9989)$$

根据上述膨胀系数的拟合公式和式(5), 选定常温常压为初始条件( $T_o=20^\circ\text{C}, p_o=10^1 \text{MPa}$ )。同理, 采取叠加求和计算方法, 则初始压力  $10^1 \text{MPa}$  及温度  $T$  时水的密度计算公式为

$$\rho_{w(1,T)} = 998.2 e^{(20-T)/\beta_T} \quad (8)$$

式中,  $\rho_{w(1,T)}$  为初始压力  $10^1 \text{MPa}$  及温度  $T$  时水的密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $f(\beta_T)$  为初始压力  $10^1 \text{MPa}$  及温度  $T$  时水的膨胀系数,  $1/^\circ\text{C}$ 。

根据式(7)、式(8), 可计算不同温度及压力下水的密度。考虑钻井实际情况, 温度选择 20、50、80、110、140、170、200℃, 计算截止温度为 200℃; 压力计算范围为 1~120 MPa, 计算截止压力为 120 MPa。计算得出的不同温度压力下水的密度如图1所示。

分析图1中密度数据可知, 在一定压力下, 当温度较低时, 水的密度随着温度的升高呈线性减小, 但在较高的温度范围内其密度与温度变化呈现非线性变化。因此, 为提高计算准确性, 采用非线性回归法计算水的密度<sup>[9,10]</sup>。设在某一压力下, 水的密度随温度变化关系表达式为

$$\rho_w = aT^2 + bT + c \quad (9)$$

式中,  $a, b$  为水的特性常数, 可由非线性回归法求出。

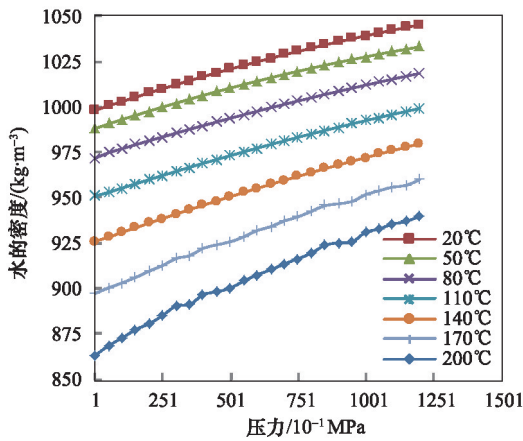


图1 不同温度压力下水密度曲线

Fig. 1 Density of water under different temperature and pressure

采用分段分析的方法研究压力对水密度的影响,即在一定的压力范围内研究压力、温度对水密度的影响规律。假设分段研究步长为10个大气压,则式(9)可表示为

$$\rho_{wi} = a_i T^2 + b_i T + c_i \quad (p_{i-10} \leq p \leq p_i) \quad (10)$$

对图1数据拟合可得不同压力范围内水的密度随温度变化的关系式为

$$\rho_w(p, T) = \begin{cases} -0.0133T^2 + 23.97T - 10670 & (1 \leq p \leq 10, R^2 = 0.9940) \\ \vdots \\ -0.0018T^2 - 0.2635T + 1041.6 & (880 \leq p \leq 890, R^2 = 0.9999) \\ \vdots \\ -0.0014T^2 - 0.3256T + 1051.9 & (1150 \leq p \leq 1160, R^2 = 0.9995) \end{cases} \quad (11)$$

详细的求算公式如表2所示。计算水的密度时,根据一定的压力范围,选取表中相对应的水密度计算公式,即可得一定温度及压力下水的密度值。

根据上述计算方法,可计算井下钻井液中液相水的密度随温度、压力的变化。将模型计算值与饱和水密度测量值相比,误差较小,满足工程计算精度需要。

## 2.2 液相油的密度计算

液相油的密度计算,可采取类似于水的密度处理方法。目前处理油相密度的方法主要有两种,一是基于实验的测定方法,二是基于经验的拟合公式。实验测定方法是利用高温高压实验装置,测定不同温度压力下液相油的密度数据,对测定的实验数据进行数据回归,得出油相密度与温度、压力之间关系式。实验选用高温高压PVT测量仪实验装置,不同压力下油相密度的计算公式为

$$\rho_{i+1} = \frac{\rho_i}{1 + \left(\frac{\Delta V}{V_i}\right)} \quad (12)$$

表2 不同压力温度下钻井液液相水密度计算公式

Table 2 Density calculation formula of liquid water in drilling fluid under different pressure and different temperature

$p/10^{-1} \text{MPa}$	拟合公式	相关系数 $R^2$
$1 \leq p < 35$	$\rho(T) = -0.0027T^2 - 0.1619T + 1002.5$	1.0000
$35 \leq p < 105$	$\rho(T) = -0.0028T^2 - 0.1519T + 1006.1$	0.9990
$105 \leq p < 155$	$\rho(T) = -0.0029T^2 - 0.1383T + 1008.9$	0.9995
$155 \leq p < 225$	$\rho(T) = -0.0029T^2 - 0.1299T + 1011.5$	0.9998
$225 \leq p < 295$	$\rho(T) = -0.0027T^2 - 0.1719T + 1015.5$	0.9998
$295 \leq p < 365$	$\rho(T) = -0.0025T^2 - 0.2088T + 1020.3$	1.0000
$365 \leq p < 435$	$\rho(T) = -0.0021T^2 - 0.2471T + 1023.2$	0.9999
$435 \leq p < 505$	$\rho(T) = -0.0017T^2 - 0.3109T + 1028.3$	0.9999
$505 \leq p < 575$	$\rho(T) = -0.0019T^2 - 0.2758T + 1029.8$	0.9999
$575 \leq p < 645$	$\rho(T) = -0.0021T^2 - 0.2623T + 1032.3$	0.9997
$645 \leq p < 715$	$\rho(T) = -0.0019T^2 - 0.2671T + 1034.7$	0.9998
$715 \leq p < 785$	$\rho(T) = -0.0021T^2 - 0.2300T + 1036.3$	0.9998
$785 \leq p < 855$	$\rho(T) = -0.0022T^2 - 0.2232T + 1038.7$	0.9995
$855 \leq p < 925$	$\rho(T) = -0.0018T^2 - 0.2635T + 1041.6$	0.9999
$925 \leq p < 995$	$\rho(T) = -0.0017T^2 - 0.277T + 1044$	0.9998
$995 \leq p < 1065$	$\rho(T) = -0.0017T^2 - 0.277T + 1046.4$	0.9998
$1065 \leq p < 1135$	$\rho(T) = -0.0014T^2 - 0.3256T + 1049.6$	0.9995
$1135 \leq p < 1205$	$\rho(T) = -0.0014T^2 - 0.3256T + 1051.9$	0.9995
$1205 \leq p < 1275$	$\rho(T) = -0.0014T^2 - 0.3256T + 1054.3$	0.9995
$1275 \leq p < 1345$	$\rho(T) = -0.0014T^2 - 0.3256T + 1056.7$	0.9995

式中, $\rho_i$ 为第*i*种压力下钻井液液相密度; $\rho_{i+1}$ 为第*i+1*种压力下钻井液液相密度; $V_i$ 为第*i*种压力下钻井液液相体积; $\Delta V$ 为从第*i*种压力变化为第*i+1*种压力时体积的变化。

鄢捷年等<sup>[3]</sup>运用上述实验装置对几种不同类型的油基钻井液密度进行了实验测定,并回归出不同温度压力下钻井液密度计算公式,计算精度满足一定工程需要。

Politte<sup>[11,12]</sup>提出的经验拟合公式为

$$\rho_o(p, T) = A_0 + A_1 p T + A_2 p + A_3 p^2 + A_4 T + A_5 T^2 \quad (13)$$

式中, $\rho_o(p, T)$ 为温度、压力下油相的密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ 均为常数,分别为  $A_0=880.7, A_1=3.97737 \times 10^{-10}, A_2=1.8574 \times 10^{-7}, A_3=2.2548 \times 10^{-15}, A_4=-0.648, A_5=-1.6741 \times 10^{-4}$ 。

该经验公式计算较准确,但精度仍有待提高。本文在其基础上,综合考虑不同井眼不同深度处油相密度大小,采用分段处理再集中求和的方法,对每小段分别分析可得第*i*段油相的密度计算公式为

$$\rho_{oi}(p, T) = A_0 + A_1 p_i T_i + A_2 p_i + A_3 p_i^2 + A_4 T_i + A_5 T_i^2 \quad (14)$$

式中, $\rho_{oi}(p, T)$ 为第*i*段油相密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $T_i, p_i$ 为第*i*段的温度及压力。

### 2.3 井下钻井液的密度计算

对于水基钻井液和油基钻井液,将前述计算得出的液相水密度、油相密度分别代入式(3),可得井下水基钻井液和油基钻井液的密度。

对于油包水或水包油型钻井液,当钻井液液相包括水相和油相时,通过考虑液相中水相、油相的体积比系数,可计算钻井液液相密度。假设液相中水相的体积比为 $\lambda_1$ ,油相的体积比为 $(1-\lambda_1)$ ,则钻井液液相的密度 $\rho_i(p,T)$ 计算公式为

$$\rho_i(p,T) = \lambda_1 \rho_w(p,T) + (1-\lambda_1) \rho_o(p,T) \quad (15)$$

将式(15)代入式(3)得

$$\rho(p,T) = \frac{\rho_o(p_0,T_0)}{1 + \lambda \left( \frac{\rho_i(p_0,T_0)}{\lambda_1 \rho_w(p,T) + (1-\lambda_1) \rho_o(p,T)} - 1 \right)} \quad (16)$$

分别将式(10)和式(14)代入式(16),即可得油包水或水包油型的钻井液井下密度计算式。

## 3 实例验证

选择水基钻井液、油基钻井液实例进行计算,验证上述钻井液密度简易计算方法的精确性。

### 3.1 水基钻井液

选取塔里木油田迪那204井钻井液数据,迪那204井位于新疆库车县塔里木盆地北缘迪那2井区,设计井深5500 m,为塔里木第一口超长大裸眼井。钻井液密度计算的基本参数:井深5240 m,钻井液密度2230 kg/m<sup>3</sup>,岩石密度2643.3 kg/m<sup>3</sup>,地温梯度0.02259℃/m,钻柱内径0.120 m,钻柱外径0.127 m,井眼内径0.219 m,入口温度50℃,出口温度72℃,地表温度20℃,钻井液比热容2399.6 J/(kg·℃),地层比热容873.3 J/(kg·℃),地层导热率2.25 W/(m·℃),泥浆热换系数14 W/(m·℃),循环时间1 h,排量31.2 L/s,钻井液屈服值11.242 Pa,塑性黏度0.049 Pa·s,钢导热系数46 W/(m·℃)。

为准确计算井下钻井液密度,必须首先计算井下温度的变化规律。计算得到不同循环时间下井筒内温度场分布函数如图2所示。

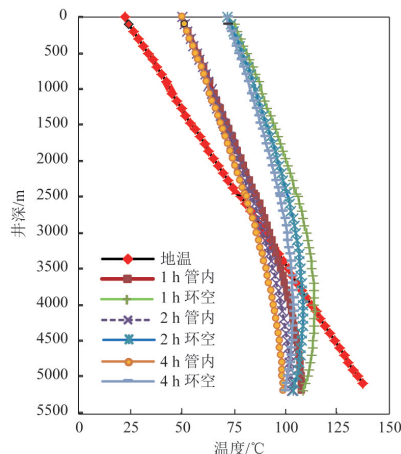


图2 井筒内温度场的变化规律曲线

Fig. 2 Variation of temperature in wellbore

在计算得出温度变化规律后,则可计算井下钻井液密度,包括钻井液循环时的密度和静止时的密度,计算结果如图3所示。

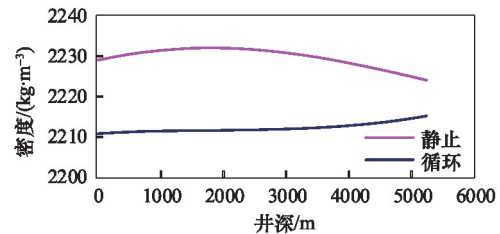


图3 DN-204井5240 m钻井液密度变化曲线

Fig. 3 Variation of drilling fluid density in 5240m of DN-204 well

将计算结果与实测值进行对比分析,简易计算方法计算值与实测值的变化趋势吻合较好,满足工程精度要求。

### 3.2 油基钻井液

选取的油基钻井液各组分含量:柴油115.9 cm<sup>3</sup>,乳化剂6.8 g,乳化与润湿剂4.5 g,滤失控制剂9.1 g,有机Geltone 2.7 g,岩屑模拟剂9.1 g,氯化钙9.2 g,石灰9.1 g,重晶石85.8 g,水20.0 cm<sup>3</sup>。钻井液地面初始密度为1320 kg/m<sup>3</sup>。

分别考虑水相、油相在井下温度及压力环境下的密度,暂不考虑其他物质的密度变化,即不考虑固相压缩膨胀性,其他液相(除水相及油相外)在钻井液中含量较少,且固液混合对钻井液密度的影响在一定的误差范围内可以忽略不计。运用简易计算方法,分别计算液相水密度及液相油密度,再按照一定的体积比系数 $\lambda$ 代入模型式(3)可得钻井液密度,计算结果与实测值的对比如图4所示。

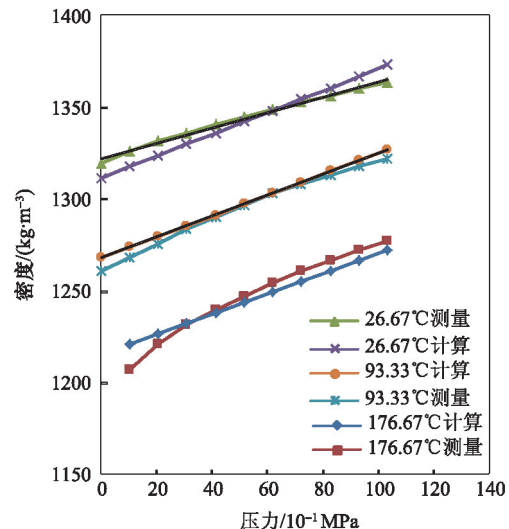


图4 不同温度压力下油基钻井液密度实测值与计算值对比

Fig. 4 Comparison between experiment value and calculation value of OBM under different temperature and pressure

由图4可看出,在压力保持不变时,油基钻井液密度随温度的增加而逐渐减小,在温度保持恒定时油基钻井液密度随着压力的增大而逐渐增大,即油基钻井液密度在井下明显受温度及压力的双重影响。简易计算方法的钻井液密度值与实测密度值吻合较好,平均相对误差为0.3498%,因此对于准确计算井下油基钻井液密度具有良好的工程实际意义。

#### 4 结论

在现有的井下钻井液密度计算模型——复合模型、经验模型的基础上,简化得出了井下钻井液密度的简易计算方法。实例计算结果证明,该方法用于计算水基钻井液及油基钻井液的密度,简易方便,可操作性强,计算精度满足工程需要。

本文方法基于单独考虑液相及固相的密度,不考虑二者混合时密度的变化。后续课题将进一步研究探索高温高压环境下固液混合时体积变化导致的钻井液密度变化规律。

#### 参考文献(References)

- [1] Hoberock L L, Thomas D C, Nickens H V. Bottom-hole mud pressure variations due to compressibility and thermal effects[C]/IADC Drilling Technology Conference, Houston, 9-11 March, 1982.
- [2] 汪海阁, 刘岩生, 杨立平. 高温高压井中温度和压力对钻井液密度的影响[J]. 钻采工艺, 2000, 23(1):56-60.  
Wang Haige, Liu Yansheng, Yang Liping. Effect of temperature and pressure on drilling fluid density in HTHP wells[J]. Drilling & Production Technology, 2000, 23(1):56-60.
- [3] 鄢捷年, 李元. 预测高温高压下泥浆密度的数学模型[J]. 石油钻采工艺, 1990(1): 27-34.

- Yan Jienian, Li Yuan. The mathematical model on mud's density under HTHP[J]. Oil Drilling & Production Technology, 1990(1): 27-34.
- [4] 张金波, 鄢捷年. 高温高压钻井液密度预测新模型的建立[J]. 钻井液与完井液, 2006, 23(5): 1-3.  
Zhang Jinbo, Yan Jienian. The construction of a new model predicting HTHP mud densities[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2006, 23(5): 1-3.
- [5] Adamson K, Birch G, Gao E, et al. High-pressure, high-temperature well construction[J]. Oilfield Review, 1993, 5(2/3): 15-32.
- [6] Kemp N P, Thomas D C. Density modeling for pure and mixed-salt brines as a function of composition, temperature, and pressure[C]/SPE/IADC Drilling Conference. Richardson, USA: Society of Petroleum Engineers, 1987.
- [7] McMordie W C, Bland R, Hauser J M. Effect of temperature and pressure on the density of drilling fluids[R]. Texas, USA: Society of Petroleum Engineers, 1983.
- [8] Babu D R. Effect of mud behavior on static pressure during deep well drilling[J]. SPE Drilling and Completion, 1996, 11(2): 91-97.
- [9] 王贵, 蒲晓林, 罗兴树, 等. 高温高压水基钻井液静态密度研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(5): 97-99.  
Wang Gui, Pu Xiaolin, Luo Xingshu, et al. The density of water-base drilling fluid at HTHP[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2007, 29(5): 97-99.
- [10] Eirik K. Density behavior of drilling fluids during high pressure high temperature drilling operation[R]. Richardson, USA: Society of Petroleum Engineers, 1998.
- [11] Politic M D. Invert oil mud rheology as a function of temperature and pressure[C]/IADC Drilling, New Orleans, LA, 6-8 March, 1985.
- [12] Haobo Z, Honghai F, Yinghu Z, et al. A comprehensive hydraulic calculation method of non-Newtonian fluids used four-parameter model [J]. SOCAR Proceedings, 2013(2): 39-45.

(责任编辑 韩星明)

#### ·学术动态·



中国科学技术协会

### 中国细胞生物学学会召开全国会员代表大会

2015年4月1—4日,中国细胞生物学学会第15次全国会员代表大会暨2015年全国学术大会在广州举行,2000余名来自全国各地科研院所、高等院校的代表与会。中国科协副主席、书记处书记陈章良出席会议并致辞,中国科学院院士、中国细胞生物学学会第10届理事会理事长、同济大学校长裴钢,南方科技大学校长陈十一分别致开幕辞。

经过全体会员代表投票选举,会议选出了第11届理事会理事和第一届监事会监事。清华大学教授陈晔光当选中国细胞生物学学会第11届理事会理事长。

本届大会设立20个分会场,有180位国内外知名科学家和青年科学家作分会场报告,会议论文集收录532篇论文摘要。

详见中国科协网<http://www.cast.org.cn/n35081/n35473/n35518/16327142.html>。