



泡沫流变模型试验研究

刘晓燕 支 恒 牟伯仲 姚志军

(煤炭科学研究总院西安分院钻探所 710054)

摘要 泡沫流变模型是进行泡沫钻井流变和水力参数计算、指导实际作业的理论基础。通过室内精确测试泡沫流过模拟实钻循环管路压差和流速的变化对泡沫流变性进行研究,结果表明,泡沫流体可用幂律假塑性模型和宾汉塑性模型来表征,以幂律假塑性模型最接近实际流变性。

关键词 泡沫泥浆 流变性质 数学模型 实验研究

中国图书资料分类法分类号 P634.64

作者简介 刘晓燕 女 34岁 高级工程师 钻探工程

1 引言

泡沫泥浆是一种性能优良的钻井液,可以解决缺水地区钻孔漏失问题。国外从30年代即借助毛细管粘度计、旋转粘度计、振动式粘度计、同心环形粘度计等仪器进行泡沫流变性研究,但结果不一。国内近十年来也开展了泡沫钻进试验,也用毛细管粘度计研究泡沫的流变性,但用粘度计研究流变性与实际钻井有一定区别。为此有必要开展模拟实钻下的泡沫流变性研究。泡沫流变性研究实质上是关于流

变模型的研究,它是进行泡沫钻井液流变和水力参数计算,指导实际作业的理论基础。

2 试验方法及试验方案

对泡沫流变性的研究就是要建立流变模型 $\tau = f(\dot{\gamma})$ 关系式。但 τ (剪切应力) 和 $\dot{\gamma}$ (剪切速率) 均未知,须通过自行研制的泡沫流变性测试系统测试泡沫流过模拟实钻循环管路的压差 Δp 和流速 v , 以获得管壁处的剪切应力 τ_w 、剪切速率 $\dot{\gamma}_w$, 然后作 τ_w 和 $\dot{\gamma}_w$ 的散点图,经回归分析得到反映泡沫流动时剪切

内探测断层、破碎带、裂隙带、溶洞、老窑、陷落柱以及残煤厚度、隔水层厚度、瓦斯防突石门厚度等。而且该技术仪器防爆、轻便、施工效率高,作为推广项目将会对煤矿安全生产产生好的效果。

参考文献

- 1 巴特 M, 郑治真等译. 地球物理学中的谱分析. 北京:地震出版社, 1978

(收稿日期 1995-07-27)

THE TRANSIENT RAYLEIGH WAVE PROSPECTING TECHNIQUE AND ITS APPLICATION IN MINING GEOLOGICAL EXPLORATION

Pan Qiuming (Xi'an Branch, CCMRI)

Abstract The steady state Rayleigh wave prospecting method in which the vibration frequency is changed successively from high to low, while the transient one is a wide-spectrum one. This paper gives emphases on the introduction of the principle of the transient Rayleigh wave prospecting, digital processing technique and its application in mining geological exploration.

Keywords transient vibration; Rayleigh wave prospecting; principle; application

应力(τ)与剪切速率(γ)变化关系的回归方程及相关系数,并对其进行综合分析,以整体上最能反映泡沫流变性的回归方程作为流变模型。

对于钻井用泡沫,既要考虑其自身特点(两相流体,既不同于气体,也不同于液体),又要考虑泡沫钻井工艺要求(稳定、携粉能力等),使在试验基础上建立的泡沫流变模型不仅具有理论意义,更重要的是具有实用价值。据此制定具体试验方案,重点试验研究不同泡沫质量(指在一定温度和压力条件下,泡沫所含有的气体体积与泡沫体积的比值)和泡沫组成条件下,泡沫流过模拟实钻循环管路时剪切应力(τ)与剪切速率(γ)之间的关系。在测试过程中视泡沫在试验管路中作连续稳定的恒温流动,泡沫的压缩只取决于气相的压缩。主要试验内容见表 1。

3 试验条件

3.1 试验材料

主要试验材料及性能见表 2。

3.2 试验测试系统

测试系统是试验研究泡沫流变模型的基本手段,我们开拓性地建立了以模拟实钻循环管路和微机测试相结合为特征的泡沫流变性测试系统,其组

表 1 主要试验内容

试 验 内 容		试验目的
泡沫质量 Φ	0.74~0.96	不同 Φ 值下泡沫的流变性
泡沫组成	ADF 1% ADF1%+CMC0.02% ADF1%+CMC0.08% ADF1%+PHP0.02% ADF1%+NaCl0.75%	建立模型 分 析 对 比
剪切速率 γ	主要试验在 $<1\,000\text{s}^{-1}$ 部分试验在 $>1\,000\text{s}^{-1}$	γ 不同时,对流动变性的影响

表 2 主要试验材料及性能

代号	名称	作用	性能	备注
ADF		发泡剂	发泡能力 200 mm(1%加量)	廊坊勘探所产
CMC	羧甲基纤维素	稳泡剂	高粘	工业级
PHP	水解聚丙烯酰胺	稳泡剂	水解度 30%, 分子量 200 万	工业级
NaCl	盐			工业级业精盐

注:发泡能力用 Rossmiles 泡沫仪测定

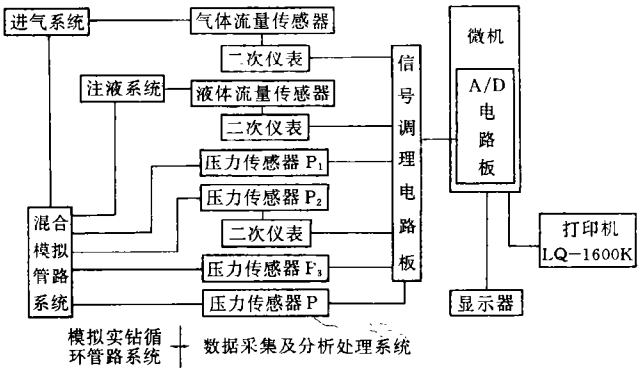


图 1 泡沫流变性能测试系统组成框图

成见图 1。

4 试验结果分析

对不同试验条件下实测的 2 118 组、近 11 000 个数据分别用线性方程($\tau=a+b\gamma$)、幂律方程($\tau=a\gamma^b$)、指数方程($\tau=a\exp b\gamma$)和双曲方程($1/\tau=a+b/\gamma$),由计算机回归处理后,得到回归方程及相关系数(略)。

回归方程是泡沫流动时剪切应力与剪切速率变化关系的数学表达式。由于泡沫流体本身的复杂性,在建立流变模型时,常常根据预试验结果或参考背景资料来选择多个数学方程,然后将大量的实测数据按这些方程的数学规律进行回归处理,根据方程对实验点的拟合程度即相关系数来检验方程对实测点的代表性。在确定条件下,相关系数最高的方程即为最佳的回归方程。从回归的角度看,给定条件下一种流体的相关系数最高的回归方程是唯一的,即该种流体的流变模型是唯一的。但从流体的流动过程看,实际上能反映其流变规律的方程可能不止一个。因此根据回归方程确定流变模型时,要综合考虑不同的条件,从总的平均相关系数分析到不同条件时平均相关系数分析,再从单个相关系数分析到总的平均相关系数分析的综合比较方法,确定整体上最能反映该种流体的回归方程,即流变模型。

表 3 是泡沫质量 $\Phi=0.74\sim0.96$ 时,水基泡沫(发泡剂+水)、水基粘性泡沫(发泡剂+水+稳定剂)和水基含盐泡沫(发泡剂+水+盐)4 种流变方程由计算机处理后得到的平均相关系数。

从表 3 可得出以下结论:

a. 泡沫质量 $\Phi=0.74\sim0.96$ 时,水基泡沫、水

基粘性泡沫和水基含盐泡沫 4 种方程的总平均相关系数从大到小依次为： $R_M > R_B > R_D > R_C$ 。总体上看泡沫的幂律特征最为明显，线性特征比较明显，指数特征最差，双曲特征较差。

b. 泡沫质量 $\Phi=0.74\sim0.96$ 时，水基泡沫 4 种方程的平均相关系数从大到小依次为： $R_M > R_B > R_D > R_C$ 。总体上看，其幂律特征最为明显，线性特征比较明显，而指数和双曲特征较差，与上述结果相同。

c. 泡沫质量 $\Phi=0.74\sim0.95$ 时，水基粘性泡沫 4 种方程的平均相关系数从大到小依次为： $R_B > R_M > R_D > R_C$ ，具有幂律和线性特征，线性特征稍微明显，指数特征最差，双曲特征较差。

d. 泡沫质量 $\Phi=0.80\sim0.90$ 时，水基含盐泡沫 4 个方程的平均相关系数依次是： $R_B > R_M > R_D > R_C$ 。总体上看，其线性特征最为明显，幂律特征比较明显，双曲特征最差，指数特征较差。水基含盐泡沫试验采值较少，从分析的角度来看，这些数据还不能完全说明问题。但从现有的数据，结合泡沫平均相关系数之间的关系，可以看出水基含盐泡沫的线性和幂律特征比其它两种都明显。

从以上四个方面分析，可以得到以下认识：在稳定泡沫质量范围内，即 $\Phi=0.74\sim0.96$ 时，稳泡剂和盐的加入总体上不影响泡沫流变模型，即幂律特征明显，而且幂律与线性方程的相关系数相差很小。所以用幂律方程或线性方程来表征和分析泡沫流变性都不会产生大的误差。

表 4 是不同泡沫质量时，水基泡沫线性方程和幂律方程的相关系数比较。

从表 4 可看出，当 $\Phi<0.90$ 时，对每个 Φ 值幂律方程的相关系数都大于线性方程相关系数。当 $\Phi>0.91$ 时，对每个 Φ 值，线性方程的相关系数均大

表 4 水基泡沫线性方程和幂律方程相关系数比较

泡沫质量 Φ	幂律方程 R_M	关系	线性方程 R_B	备注
0.74	0.969	>	0.919	
0.78	0.958	>	0.909	
0.80	0.966	>	0.934	
0.83	0.967	>	0.928	$\bar{R}_M=0.956$
0.84	0.961	>	0.914	$\bar{R}_B=0.916$
0.85	0.956	>	0.914	
0.86	0.952	>	0.912	
0.87	0.954	>	0.900	
0.88	0.945	>	0.923	
0.89	0.942	>	0.927	
0.90	0.942	>	0.905	
0.91	0.921	<	0.948	
0.92	0.947	<	0.962	
0.93	0.949	<	0.971	$\bar{R}_M=0.948$
0.94	0.955	<	0.986	$\bar{R}_B=0.974$
0.95	0.948	<	0.986	
0.96	0.965	<	0.988	
总平均相关系数	$\bar{R}_{M\text{总}}=0.953$	>	$\bar{R}_{B\text{总}}=0.936$	

于相对应的幂律方程的相关系数。所以就泡沫质量而言，当 $\Phi<0.90$ 时，泡沫的幂律特征明显；而 $\Phi>0.91$ 时，泡沫的线性特征明显。从表 4 还可以看出，当 $\Phi>0.91$ 时，尽管 $\bar{R}_B>\bar{R}_M$ ，但这段幂律方程的平均相关系数也达到了 0.948，且从总体上看，幂律方程的总平均相关系数 $\bar{R}_{M\text{总}}=0.953$ 大于线性方程的总平均相关系数 $\bar{R}_{B\text{总}}=0.936$ 。所以在稳定泡沫质量区内，泡沫流体的幂律特征最明显，线性特征比较明显。从“整体”到“局部”和从“局部”到“整体”的分析都证实了上述结果的正确性。

5 结论

a. 试验研究表明，泡沫具有十分明显的幂律假塑性特征，可用 $\tau=k\gamma^n$ 来表达。在偏高泡沫质量时，泡沫的宾汉塑性特征明显，可用 $\tau=\tau_0+\mu_p\gamma$ 来表达。

b. 利用幂律模型和宾汉模型分析计算泡沫流变和水力参数都不会带来大的误差，尤以用幂律模型为佳。

c. 在流变模型的基础上，应深入研究泡沫流变

表 3 3 种泡沫的 4 种流变方程平均相关系数

泡沫组成	泡沫质量 Φ	线性方程 R_B	幂律方程 R_M	指数方程 R_C	双曲方程 R_D
水基泡沫	0.74~0.96	0.936	0.953	0.904	0.921
水基粘性泡沫	0.74~0.95	0.957	0.952	0.908	0.933
水基含盐泡沫	0.80~0.90	0.890	0.879	0.867	0.854
总平均相关系数	0.74~0.96	0.938	0.945	0.901	0.918

伊朗库姆大桥大口径基桩孔钻进工艺

曾铁军(中国煤田地质总局 129 队 邯郸 056004)

摘要 介绍了在伊朗库姆大桥工地利用泵吸反循环冲洗一次成孔工艺,施工大口径基桩孔的技术问题,包括埋设护筒、移机定位、对鱼尾导向和燕尾导向刮刀钻头镶焊角度的改进和变换泵轴密封材料等,提高了成孔效率和质量。

关键词 大井径井 反循环钻进 钻进速度

中国图书资料分类法分类号 P634.5

作者简介 曾铁军 男 37岁 工程师 钻探工程

1 引言

我局受 SAMEHI 公司委托,1994 年 10 月进入伊朗库姆大桥工地负责施工部分基桩孔。在土质粘性大,大鹅卵石多的地层中施工大口径钻孔。历时 4 个半月,施工桩孔 187 个,完成工作量 4 268 m。本文结合工程实践对大口径基桩孔成孔技术作一介绍。

2 地质概况

桩孔穿透的地层为一套河流沉积的塑性粘质土砂卵石层,其中砂卵石层占 60%,粒径大于 85 mm 的卵石占 28%以上。

0~—8.80 m 为软塑状粘性土层,含砂、碎石、卵石,结构较松散。

—8.80~—18.70 m 为硬塑状粘土固结的砂卵石层,呈中等密实结构,卵石磨圆较好,易滚动。

—18.70 m~终孔为硬塑状粘性土固结的卵砾石层,结构密实,砾石浑圆度好,坚硬,易滚动。

3 桩孔技术要求

桩孔直径 1.2 m,孔深 21~25 m,均为垂直孔,允许中心偏离误差不超过 25 mm;孔底沉渣厚度小于 0.35 m。

参与与泡沫钻井工艺参数之间的关系,解决泡沫流变理论在实际应用中的技术问题。

参考文献

1 郑洽徐,鲁钟琪编. 流体力学. 北京:机械工业出版社,1980

2 石油与天然气勘探开发工会编. 钻井泥浆与水泥浆流变学手册. 北京:石油工业出版社,1984

3 樊世忠等编. 泡沫流体钻井技术. 北京:石油勘探开发科学研究院钻井工艺研究所,1991

(收稿日期 1996—01—30)

TESTS AND RESEARCHES OF THE FOAM RHEOLOGICAL MODELS

Liu Xiaoyan Zhi Heng Mu Bozhong Yao Zhijun
(Xian Branch, CCMRI)

Abstract Foam rheological model is the theoretical basis of foam drilling, hydraulic parameter calculation and practical processing. The authors determined exactly the volume of flow and the difference of pressures as well as their varieties while the foam liquid flowed through the circulating water channels. The researches on foam liquid show that the foam rheological properties can be demonstrated by the power pseudoplastic models or Bingham plastic models, especially by the former.

Keywords foam slurries; rheological property; mathematical model; experimental studies.