

井下微流量控制方法

石磊 陈平 胡泽 黄万志

“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·西南石油大学

石磊等.井下微流量控制方法.天然气工业,2011,31(2):79-81.

摘要 近几年,国外在常规钻井和欠平衡钻井技术的基础上发展出了一种被称为控压钻井(MPD)的新技术,该技术主要用于解决窄钻井液密度窗口地层的安全钻井问题,其核心是要求精确控制井眼环空压力剖面。但作为一种新的钻井技术,控压钻井现有的方法理论和硬件系统尚存在一定的不足,有待于完善。文中介绍的井下微流量控制方法属于控压钻井技术中的一种,是对现有地面微流量控制方法的改进,能够随钻监测井下环空流量的变化,及早发现溢流或井漏等井下复杂情况,与地面返出环空流量监测相配合,进而调节井口回压阀的开度,通过改变井底压力来控制溢流或井漏的大小,从而实现对环空流量的精确控制。该方法能够显著提高系统的控制精度和可靠性,从而提高钻井的安全性和降低钻井成本。

关键词 控压钻井 井下微流量控制 随钻测试 环空流量 井口回压阀开度 溢流 井漏 安全性

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.02.019

随着油气勘探开发难度的加大,人们相继发展了双梯度钻井、泥浆帽钻井、井底恒压钻井等各种控压钻井(MPD)方式来满足复杂地区钻井的需要^[1-3]。目前控压钻井按照控制对象,可分为环空压力剖面控制和环空流量控制两类,上述几种MPD都属于环空压力剖面控制,而微流量控制方法则属于环空流量控制。相较于监测环空压力,对环空流量的监测能极大地提高溢流、井漏等井下复杂情况监测的准确性和灵敏性。而对于环空流量监测本身(尤其针对气井),在地面监测和在井下监测也存在着很大的差别,直接影响到一口井后续井控的能力,甚至关系到钻井作业的成败。本文介绍的井下微流量控制方法能够随钻监测井下环空流量的变化,进而调节井口回压阀的开度,通过改变

井底压力来控制溢流或井漏的大小,从而实现对环空流量的控制。

1 井下环空流量测量装置设计

为了及时准确的监测由溢流或井漏引起的井下环空流量的变化,必须安装井下环空流量测量装置。然而由于环空流体的多相混合特性以及钻铤壁厚、钻柱振动等因素的限制,使得超声波、电磁等测量方法很难应用于此处。笔者介绍了采用节流压差法进行井下环空流量测量的方法,其测量装置结构如图1所示。

该测量装置内置压力传感器和数据采集卡,并通过多芯接头与随钻测井(MWD)装置连接。可实时采集压力传感器的信号并进行简单处理,之后把采集的

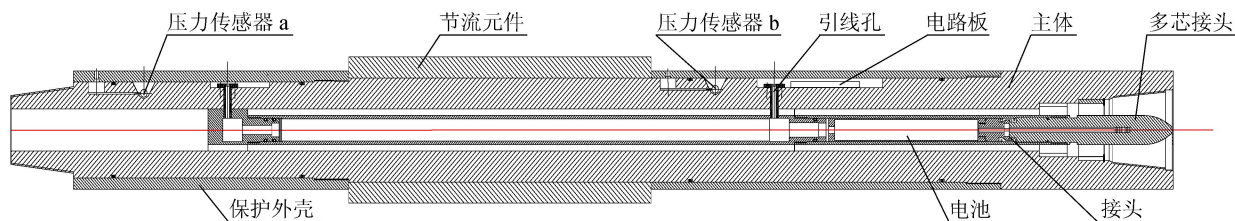


图1 井下流量测量装置结构示意图

基金项目:国家“十一五”重大科技专项子课题“低渗气藏特殊复杂地层高效钻井关键技术”(编号:2008ZX05022-005)。

作者简介:石磊,1983年生,博士研究生;主要从事油气井工程测量与过程控制方向的研究工作。地址:(610500)四川省成都市新都区西南石油大学博士08级。电话:13880919871。E-mail:shilei062@ hotmail .com

压力数据通过 MWD 传至地面进行分析,即可得到井底实时的环空流速(流量)。

该方法能够成功实施的关键是节流元件的设计。由于节流法测量流量需要在节流元件两端产生一个压力差来反映通过节流元件的流量大小,这就会增大节流元件下部的环空压力值,使得环空压力剖面发生变化,从而影响钻井设计及施工的各个方面。为了降低对钻井的影响,该压差值应选择尽可能小,但又必须保证目前能够用于井下环境的压力传感器测量精度的需要。

基于井下安全的考虑,这里选择被广泛应用于钻井现场的井下稳定器作为节流元件的参考结构。在产生需要压差的前提下,为了保证钻井液(包括岩屑)能够沿流道顺利通过节流元件而不发生阻塞,这里使用多级节流的方法来达到预期的节流效果,如图 2 所示。



图 2 节流元件结构示意图

井下流量测量装置能够检测出最小 1 L/s 的溢流或井漏量,并且是在井底进行的实时监测。这较之于现有通过井口流量变化、含气量及泥浆池液面变化等方式进行的监测,是一种极大的提高,为钻井安全提供了更为可靠的保证。

2 井下微流量控制系统

井下微流量控制系统主要由以下几部分构成:井下流量测量及信号传输系统、地面参数测量及数据采集系统、专用地面节流管汇和中央控制系统^[4-5]。该控制系统的组成如图 3 所示。

井下环空流量测试系统及地面参数(包括进、出口流量,井口回压,井口温度等)测量系统是该控制系统的核心部分,通过分析其实时采集的各种数据,可以及早判断井下复杂情况;专用节流管汇是钻井液循环管道的地面主体组成部分,其上面安装有 2 个可控电动节流阀,一个正常工作,一个作为备用;中央控制系统则主要负责对所采集的各路信号进行处理及分析,并发出控制信号来调节节流阀的开度^[6-8]。

钻井过程控制流程图如图 4 所示。在钻井过程中实时监测井下环空流量,并通过 MWD 把数据输送至地面与环空流量期望值进行比较,不同井段和工况下环空钻井液流量有不同的期望值。当两者存在偏差时,系统进一步判断钻井液是否有漏失。如有漏失,系统可确定破裂压力,并减小井口回压;如无漏失或产生

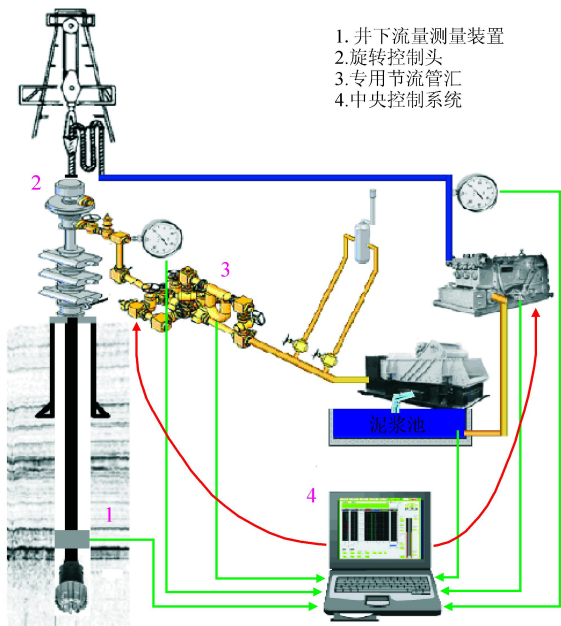


图 3 微流量控制系统组成示意图

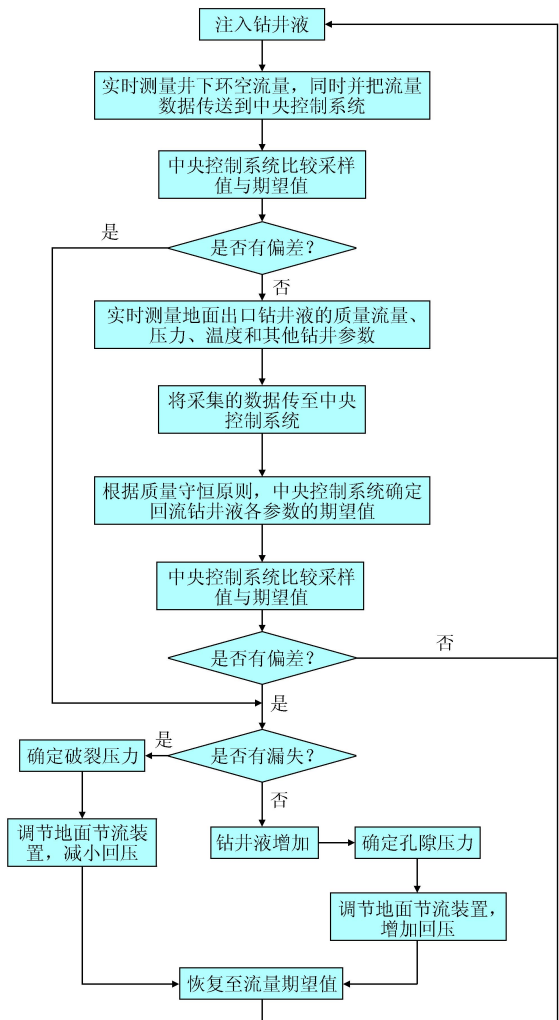


图 4 井下微流量控制系统流程图

溢流,则可确定孔隙压力,并适当增大井口回压;当两者一致时,为了判断井下是否存在其他单靠井下流量测试装置无法发现的复杂情况(例如低于井下流量测试装置测量精度的微小溢流或漏失),中央控制系统则通过把地面钻井液流量、压力、温度以及泥浆池液面变化等数据与期望值进行比较来判断,若与期望值相符,则表示钻井作业正常,否则就要采取相应控制措施。这种监测与比较将一直进行下去,实现钻井作业时钻井液的可控循环,实时监测孔隙压力和破裂压力,并根据需要调节节流阀的开度来控制井口回压,以满足钻井工艺要求。图4为井下微流量控制系统流程图。

3 系统优缺点

井下微流量控制作为一种新技术,有其独特的优势与发展潜力,但也不可避免地会存在一些问题,有待继续改进和提高。

1)由于装置采用压差法进行环空流量测量,需要测量节流元件两端的绝对压力值,并根据两者压差来计算流量。因此其中任意一个压力测量值还可反映实时井底压力的大小,等效于APWD的功能,为微流量控制系统提供了另一可靠的参考数据,这也增加了装置的应用价值。

2)能够大幅度提高溢流、井漏的监测能力。井下环空流量测量装置的测量精度为1 L/s,较大的溢流或井漏能够立即发现并采取措施进行控制,较小的溢流或井漏则可以通过结合地面钻井液参数的实时监测及时发现,从而把总溢流或井漏量控制在很小的范围内,降低钻井风险,节约钻井成本^[9-11]。

3)控制系统结构简单。只需在现有各种类型钻机上安装传感器和专用节流管汇,在近钻头处接上流量测量装置和MWD即可,操作简单,占地面积小,应用时只需对作业人员进行简单培训;在控制系统出现问题时,还可以立即转换为常规钻井方式继续钻进^[12]。

4)在钻井过程中,由于钻头破碎岩层、钻井液冲蚀和岩石物性引起的井眼直径变化会导致测量结果受到一定影响,为了排除这一干扰,需要结合地质资料及现场工况对测量数据的规律进行详细分析,以避免漏判、错判等情况的发生。

4 结论

微流量控制钻井是一种新的控压钻井技术,与其他控压钻井方法相比,微流量控制技术可以有效地监测地层孔隙压力和破裂压力,及时准确地判断并控制井下复杂情况。而本文介绍的井下微流量控制技术是

对现有技术的一种改进,其核心即要求能够实时监测井下环空流量的微小变化,而不必通过监测地面流量的变化来反推井下流量的变化,极大地提高了流量控制的实时性和准确性,为安全、合理、有效、低成本开发油气田提供了有效保障。

参考文献

- [1] SANTOS H, LEUCHTENBERG C, SHAYEGI S. Micro-flux control: the next generation in drilling process [C]// paper 81183-MS presented at the SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 27-30 April 2003, Port-of-Spain, Trinidad and Tobago. New York: SPE, 2003.
- [2] SANTOS H, LEUCHTENBERG C, SHAYEGI S. Micro-flux control: the next generation in drilling process for ultra-deepwater [C]// paper 15062-MS presented at the Off-shore Technology Conference, 5-8 May 2003, Houston, Texas, USA. New York: SPE, 2003.
- [3] SANTOS H, LEUCHTENBERG C, REID P, et al. Opening new exploration frontiers with the micro-flux control method [C]// paper 16622-MS presented at the Offshore Technology Conference, 3-6 May 2004, Houston, Texas, USA. New York: SPE, 2004.
- [4] 柳贡慧, 胡志坤, 李军, 等. 压力控制钻井井底压力控制方法[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(2): 15-18.
- [5] 姜建胜, 李奔, 林立, 等. 国外钻井液微流量控制系统的开发与应用[J]. 石油机械, 2008, 36(2): 71-74.
- [6] SANTOS H, CATAK E, KINDER J, et al. First field applications of microflux control show very positive surprises [C]// paper 108333-MS presented at the IADC/SPE Managed Pressure Drilling & Underbalanced Operations, 28-29 March 2007, Galveston, Texas, USA. New York: SPE, 2007.
- [7] SANTOS H, REID P, LEUCHTENBERG C, et al. Micro-flux control method combined with surface BOP creates enabling opportunity for deepwater and offshore drilling [C]// paper 17451-MS presented at the Offshore Technology Conference, 2-5 May 2005, Houston, Texas, USA. New York: SPE, 2005.
- [8] SANTOS H, REID P, JONES J, et al. Developing the micro-flux control method - part 1: system development, field test preparation, and result [C]// paper 97025-MS presented at the SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition, 12-14 September 2005, Dubai, United Arab Emirates. New York: SPE, 2005.
- [9] 孙晓峰, 李相方, 齐明明, 等. 溢流期间气体沿井眼膨胀规律研究[J]. 工程热物理学报, 2009, 30(12): 2039-2042.
- [10] SANTOS H, REID H, MCCASKILL J, et al. Deepwater

drilling made more efficient and cost-effective; using the microflux control method and an ultralow-invasion fluid to open the mud weight window [J]. SPE Drilling & Completion, 2007, 22(3): 189-196.

- [11] SANTOS H, CATAK E, KINDER J, et al. Kick detection and control in oil-based mud: real well-test results using microflux control equipment [C]// paper 105454-MS presented at the SPE/IADC Drilling Conference, 20-22 February 2007, Amsterdam, The Netherlands. New York: SPE/

IADC, 2007.

- [12] SANTOS H, MUIR K, SONNEMANN P, et al. Optimizing and automating pressurized mud cap drilling with the micro-flux control method [C]// paper 116492-MS presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 20-22 October 2008, Perth, Australia. New York: SPE, 2008.

(修改回稿日期 2010-12-02 编辑 居维清)