

导向钻井命令下传的实现方法及参数分析

利用钻井液的流量突变将地面指令发送到井下，是旋转导向钻井技术实现轨迹控制的有效手段。研制了地面负压脉冲发生器和井下压力脉冲检测系统，对不同的井深、钻井液回流量和脉冲宽度开展了大量的井下测试和试验，获取了井下接收的压力脉冲波形，比较分析了各种参数对井下脉冲信号的影响，以指导压力脉冲下传系统的设计和参数选择。

刘景超¹ 党瑞荣² 马认琦¹/1. 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司
2. 西安石油大学电子工程学院

0 引言

旋转导向闭环钻井技术是当今国内外开放的先进钻井技术，也是现代导向钻井的研究重点和发展方向^[1]。而地面控制系统与井下执行工具之间的信息与指令的双向通信又是旋转导向钻井实现井眼轨道闭环控制的关键技术之一。自20世纪60年代开始研究利用钻井液脉冲的传输方法以来，将井下信息通过正脉冲传输到地面取得了突破性的进展。目前，钻井施工现场绝大多数的无线随钻测量与控制系统都采用钻井液脉冲方式^[2-4]。基于此，研究从地面向井下发信息的导向钻井命令下传的实现方法，并进行参数分析。

具体实现方式是在钻井作业的钻井液循环过程中，利用安装在高压立管的指令下传装置，分流一部分参加循环的钻井液，使循环回路中产生负脉冲，由井下的压力检测系统感知钻井液循环压力的变化，通过有效的滤波并根据事先约定的时间编码方式进行解码，实现地面指令的下传。通过正交实验研究影响指令下传的几个关键因素间的关联关系，产生最佳的钻井液负脉冲效果，对

实现地面指令向下传输具有决定性的意义^[5]。

1 地面指令下传装置

地面负脉冲发生器通过释放部分注入井下的钻井液以产生下传脉冲，该脉冲发生器是导向钻井地面控制系统的一部分，实现指令下传的功能。产生负压脉冲后，在高压立管三通处连接信息下传装置，装置中的气动球阀开启时产生分流，使立管泥浆压力发生变化，下传指令装置结构设计如图1所示，实物如图2所示。气动球阀的开闭受计算机控制，并按一定的编码方式将数据码流调制为泥浆压力脉冲。井下仪器检测这种压力变化并据此进行数据解码，从而实现地面命令的接收，并通过井下执行机构执行地面的命令。

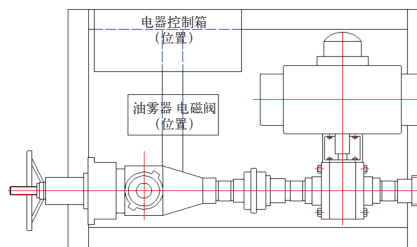


图1 下传指令装置结构设计



图2 下传指令装置实物照片

关键词/Keywords

下传信息传输 ·
负脉冲 ·
旋转导向 ·
钻井 ·

负脉冲指令传输是通过流量阀限流与气动球阀每分钟开关来实现的。因此,信号传输过程中产生的干扰信号就是其他影响因素产生频率的扰动,如活塞泵、井底动力机产生的频率扰动,泥浆中的气泡对信号传输频率产生的影响,活动钻具产生频率扰动等,对于干扰因素产生的频率与信号传输频率相差比较大的可以通过滤波器滤掉。

通过泥浆液压力的变化来设计下行通道,将压力传感器输出范围和低于正常值范围两种情况作为开关量,分别对应两个信号源,再对应相应的下传指令进行编码和解码,以开关量进行指令编码和解码,这对地面泥浆的排量变化准确度要求不高,但是正常压差和低于正常压差需要持续一定周期。

2 井下压力脉冲的测量

井下设有压力测量短节,该短节直接连接在钻杆上,由本体外筒、压力传感器、电路板、电池筒和密封盖板等组成,本体外筒具有3个条形沟槽,如图3所示,可以将压力传感器、电路板和电池筒固定在其内部,并且3个条形沟槽的内表面分别具有密封环形槽,槽内放入O型密封圈。当3块密封盖板安装在本体外筒时,通过O型密封圈起到密封作用,保护电路部分的密封安全。本体外筒设有螺纹传压孔,压力传感器固定在螺纹传压孔上,实现与管内环境的联通。随钻管内压力测量短节通过上、下端的钻杆扣分别与上、下钻铤连接。

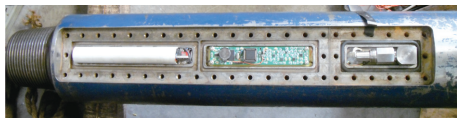


图3 随钻管内压力测量短节内部电子腔

随钻管内压力测量短节电源开起后随钻具入井,测量短节开始工作,每隔一定时间自动测量一次,并且利用电路板上的存储器将每一次测量的压力值和时间都记录下来,工作时间可以达到150 h。当测量短节随钻具起出井口后,利用电路

板上的读取接口可以将测量数据读取出来。

随钻管内压力测量短节连接到钻杆上,通过采集压力值接收指令并解码,同时存储结果;改变井深、泵压和开度等参数,以验证对指令发送和接收产生的影响,从而为确定最优参数提供数据。

3 压力脉冲下传试验

在塘沽石油新村鑫达中心模拟井钻台进行现场试验。信号接收短节调试好,连接在近钻头的两根钻铤之间并随钻具入井。地面信息下传装置一端连接在高压立管的三通处,另一端连接泥浆罐回流端口。流量阀开到预先设计的起始开度大小,打开立管与信息下传装置之间的关断阀门。当信号接收短节到达井下预定的深度后,打开泥浆泵建立循环条件,待泥浆泵稳定后保存预先设计的泵冲维持一定的泵压,然后利用计算机控制信息下传装置,实现阀门不同时间间隔的开关动作,发出预设的压力脉冲信号,信号接收短节在井底接收来自地面压力脉冲信号并存储。

3.1 试验条件

试验条件如下。深度分别为500 m、1 004 m、1 600 m和2 088 m;计算机控制阀门的开关间隔时间(脉宽间隔)分别为3 s、5 s、8 s、10 s和12 s;流量阀开度分别为10、14、18、22和26(总开度为44);泵压分别为6 MPa、8 MPa和10 MPa。

3.2 数据记录结果

(1) 井深500 m接收到的压力脉冲

随钻管内压力测量短节在井下500 m附近的位置所记录的数据情况如图4所示。纵坐标为压力值(MPa);横坐标为采集点数,试验分别是地面泵压在6 MPa和8 MPa条件下进行的(为了保证下传信息装置阀门不受严重冲击,去掉了10 MPa的试验)。通过改变地面指令下传装置中流量阀的开度,记录计算机控制阀门的开关间隔时间不同时的压力值。

从图4中可以看出,在500 m井深条件下,前面三组地面泵压为6 MPa的情况和后面3组地面泵

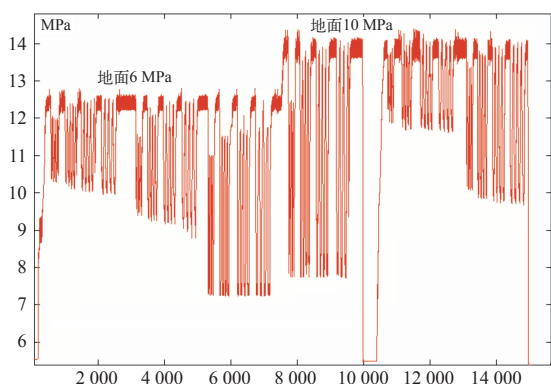


图4 500 m压力记录曲线

压为8 MPa的情况,前3组分别为开度10、开度14和开度18。而在每一组相同开度的情况下,记录了脉宽间隔不同的压力值,脉宽间隔分别为5 s、8 s、10 s和12 s (3 s脉宽间隔的试验在现场立管压力表处观察波动不明显,即压力下降不明显,因此去掉3 s脉宽间隔试验)。

(2) 井深1 004 m接收到的压力脉冲

井深1 004 m接收到的压力脉冲曲线如图5所示。

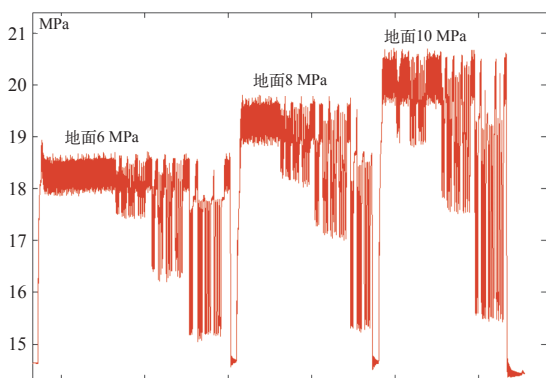


图5 1 004 m压力记录曲线

从图5中可以看出,1 004 m共做了3组试验,分别是地面压力6 MPa、8 MPa和10 MPa的试验。

(3) 井深1 600 m处接收到的压力脉冲

1 600 m压力记录曲线如图6所示。从图6中可以看出,1 600 m共做了3组试验,分别是地面压力6 MPa、8 MPa和10 MPa的试验。

(4) 井深2 088 m处接收到的压力脉冲

2 088 m压力记录曲线如图7所示。从图7中可以看出,2 088 m共做了3组试验,分别是地面压力

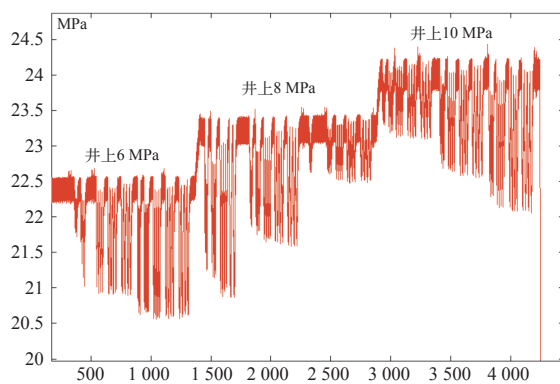


图6 1 600 m压力记录曲线

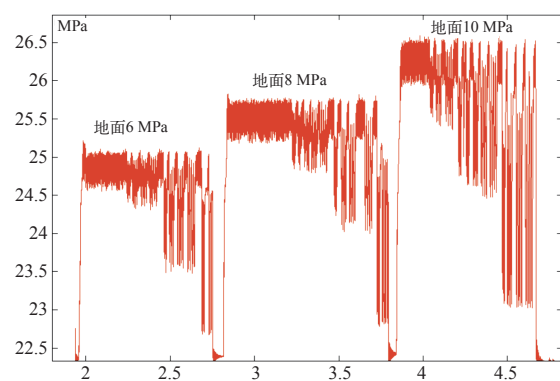


图7 2 088 m压力记录曲线

6 MPa、8 MPa和10 MPa的试验。

4 试验结果对比分析

4.1 不同井深

对比4种不同的井深(500 m、1 004 m、1 600 m和2 088 m),在泵压、流量阀开度和时间脉宽间隔相同的条件下,当井深增加时,钻井液负脉冲在下传过程中衰减速度较快,即井深越大,在近钻头位置产生的压降(压力波动)越小,因此随着钻井深度的增加,指令下传信号的准确度降低。

4.2 不同泵压

对比3种不同的泵压情况下(6 MPa、8 MPa和10 MPa),在井深、流量阀开度和时间脉宽间隔相同条件下,当泵压增加时,钻井液负脉冲在下传过程中信息下传装置产生立管分流,传递到井下信号接收装置所接收到的压力降低有相当明显的增加,即泵压越大,在近钻头位置产生的压降(压力波动)越大,因此在钻井泵压越大的情况

下,对于信号传递就越有利,对于准确解码也就更有利。但是泵压的调节要取决于地层的破裂压力等地质参数,同时泵压过大对于钻井设备的要求就越高。

4.3 不同流量阀开度

对比4种不同的流量阀开度,在泵压、井深和时间脉宽间隔相同的条件下,当流量阀开度增加,信息下传装置产生的立管分流传递到井下信号接收装置所接收到的压力降低有相当明显的增加,即流量阀开度越大,在近钻头位置产生的压降(压力波动)越大,因此当流量阀开度越大时,对于信号传递就越有利,对于准确解码也就更有效。但是流量阀开度越大,对于信息下传装置阀门本身的冲击越大,破坏也越大,可能造成信息下传装置阀门损坏过快。同时流量阀开度越大,产生分流的泥浆就越多,不利于钻井过程中泥浆的循环效果,压力波动过大的泥浆对钻井设备也是不利的。

4.4 不同脉宽间隔

对比4种不同的时间脉宽间隔,在泵压、流量阀开度和井深相同的条件下,当时间脉宽间隔增加时,信息下传装置产生的立管分流传递到井下信号接收装置所接收到的压力降低有相当明显的增加,即脉宽越大,近钻头位置产生的压降(压力波动)在最低点停留的时间越长,因此在脉宽越大的情况下,对信号传递越有利,对准确解码也就更有效。

5 结束语

1) 根据试验结果可以看出,流量阀开度的增加、泵压增大对信息下传有明显的改善;井深深

度增大对信息下传的影响更大。

2) 脉宽间隔的增大,对信息下传有明显的改善,尤其是在深度大的情况下;但超过某一值效果就不明显了,这个脉宽间隔值在9 s左右;为提高信息下传要采取信号压制的办法,即要加大地面的信号落差,使井下接收到的原始有用信号远大于噪声。

3) 在信息下行传输的过程中,井深、泵压、脉宽间隔和流量阀开度四种影响因素共同作用,由于井深和泵压受到工程条件限制,因此定量的流量阀开度和脉宽间隔就是作业前应该确定的重要因素。

参考文献

- [1] 李琪,彭元超,张绍槐,等.旋转导向钻井信号井下传送技术研究[J].石油学报,2007,28(4): 108-111.
- [2] 刘修善,苏义脑.地面信号下传系统的方案设计[J].石油学报,2000,21(6): 88-92.
- [3] 刘新平,房军,金有海.随钻测井数据传输技术应用现状及展望[J].测井技术,2008(6): 249-253.
- [4] Reeve M S, Macpherson J, Zaeper R, et al. Highspeed drillstring telemetry network enables new realtime drilling and measurement technologies [C]. IADC/ SPE Drilling Conference: 991342MS, 2006.
- [5] 蒋世全,李汉兴,傅鑫生,等.偏心位移控制旋转导向工具研制及关键技术[J].石油钻采工艺,2012,34(增刊9): 1-4.

(收稿日期:2015-07-14) **EA**

.....

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告