

# 井斜实时测量方法研究分析

中国石油化工集团公司胜利石油管理局 郭淑英

**摘要:** 依靠重力加速度传感器进行井斜实时测量是目前使用最多的测量方法,本文着重分析了重力加速度传感器的工作原理以及测量井斜的具体方法,就对井斜测量结果产生不良影响的因素进行分析,提出相关解决建议,以期可以为相关从业人员提供参考。

**关键词:** 井斜; 实时测量; 应用研究

井斜实时测量是指在钻井过程中对井斜角及井斜相对方位角进行测量,测量结果可用于自动垂直钻井的效果检测和控制,目前国内测量井斜的方法主要是通过测斜仪进行静态检测,常用仪器有氢氟酸加浮动磁针、磁性单点测斜仪等。相关研究表明,依靠重力加速度传感器可以实现对井斜实时测量,测量准确性较高,具有显著的应用价值。

## 一、井斜测量原理

重力加速度传感器对井斜的测量主要通过中重力加速度在不同测试轴线上的投影来完成,在井斜测量过程中,重力加速度传感器被安装在不同的测试轴上,所选用的井斜测量方法也会不同。

### (一) 井斜角的测量

利用重力加速度传感器进行井斜测量的原理图如图1所示。图中Z、Z1表示钻井过程中井眼的方向,坐标系OXYZ则表示未发生倾斜时整个井眼的坐标系,坐标系OX1Y1Z1则表示发生倾斜整个井眼的坐标系, $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ 则表示重力加速度传感器所输出的电压,在实际测量过程中,由于重力加速度传感器安装在不同轴线上其井斜测量方法就会发生变化,当选择Z轴作为传感器测试轴时,设定 $\theta$ 为Z轴斜角,则根据重力加速度传感器的测量原理可以得出, $\theta + 90^\circ$ ,代入相关数据可以求出 $\theta$ 的具体数值,但相关研究显示,选择Z轴作为传感器测试轴是最小井斜角仅为 $3.8^\circ$ ,井斜角测量结果的精度无法得到保障,仍需进一步测量。选择X轴或者Y轴作为传感器测试轴时,设定 $\alpha$ 作为X轴斜角,代入相关数据可得最小倾斜角为 $0.085^\circ$ ,有效保障了井斜角测量结果的准确性。

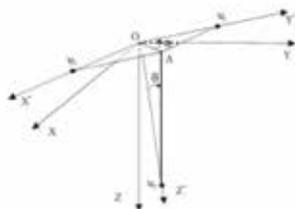


图1 井斜角测量原理图

### (二) 井斜相对方位角的计算

利用重力加速度传感器进行井斜相对方位角测量时,必须同时在X轴和Y轴上安装重力加速度传感器,通过两者之间的数量关系来测量井斜相对方位角,具体关系如下:

$$V_x = V_g \sin \alpha$$

$$V_y = V_g \cos \alpha$$

可以得出井斜相对方位角 $\alpha$ 的计算公式:

$$\alpha = \arctan$$

综上所述,利用重力加速度传感器进行井斜角和井斜相对方位角测量时,井斜相对方位角的测量方法差异不大,而井斜角测量时测量精度会随着选定测试轴的变化而发生变化,其中选用X与Y轴作测试轴测量精度明显高于选择Z轴作为测试轴。

## 二、井斜实时测量方法

### (一) 实钻对重力加速度传感器的影响

井斜实时测量过程中所选用重力加速度传感器的工作原理为力平衡式,其应用效果明显优于传统电解原理和电容原理的重

力加速度传感器,主要体现在重复性、频宽、温度漂移以及抗振动、抗磁场方面。

实钻期间,重力加速度传感器中的悬臂质量会受到重力、电磁力以及钻头激振力等因素的影响,其中激振力所导致的质量块位移可以看作是钻具在纵向以及横向振动时对质量块造成的,这个变化较为复杂;离心力始终使得质量块朝着偏离回转中心的方向发生位移,当转速较高时,离心力所导致的质量块位移也会变化,此时井斜测量结果的控制难度也会提升。

### (二) 倾角信号的提取

提取井斜倾角信号的过程中,往往通过选定测试轴来确定,计算方法在上面已有阐述,而实际应用期间,由于其他因素对测量结果的负面影响,如实钻过程中振动信号对倾角信号的影响、离心力对倾角信号的影响,此时需采用低通滤波器进行去除,设定 $V_{px}$ 为振动信号对倾角信号的影响,则计算公式如下:

提取倾角信号后需与理论状态下的井斜倾角信号进行对比,如出现井斜倾角偏差较大的情况,则使用导向推力块将井壁顶住,在保持导向套相对于井壁静止的情况下再次测量,得出井斜角与井斜相对方位角。

## 三、井斜实时测量方法的应用研究

利用重力加速度传感器对井斜角和井斜相对方位角进行测量的过程中,一般情况下导向套的转速在可控范围内,如果忽略井壁振动对测量结果的影响,则可以使用低通滤波器来将传感器自身的交流噪声和振动对测量结果造成的负面影响消除掉。研究选用巴特沃斯(Butterworth)低通滤波器进行数字滤波,在开展研究前需要对滤波器进行有效调整,确定滤波器的阶数和截止频率在合适的范围内。实验过程中使用类似导向块的物品将井壁固定,避免井壁发生振动,之后选定X轴或者Y轴作为测试轴以提高测量结果的精度,按照正常流程进行井斜角及井斜方位角的测定,完成后使用Butterworth低通滤波器滤除振动信号和传感器自身的交流噪声,需尽量调整Butterworth低通滤波器的阶数和截止频率靠近实际值,随后测量井斜角和井斜方位角,对比发现两者之间存在显著差异,验证了传感器自身交流噪声对测量结果的影响,同时证实了低通滤波器在提升井斜实时测量结果准确性方面的应用效果。

## 四、结束语

综上所述,基于重力加速度传感器进行井斜实时测量可行性较高,但实验与实际之间存在一定差异,需要加强研究来确保井斜实时测量方法的落地。

### 参考文献:

- [1]高爽,武攀,王璐.光纤陀螺随钻测斜仪钻进中井眼轨迹测量方法研究[J].半导体光电,2018,v.39;No.198(04):135-139+143.
- [2]郭勇风.MWD仪器角差测量方法研究[J].今日自动化,2019(1):71-73.
- [3]李皋,陈泽,孟英峰,etal.气体钻井MMWD随钻测量方法研究[J].石油勘探技术,2018,46(05):56-60.
- [4]钟彩霞.陀螺测斜仪检测数据分析方法研究[J].科技创新导报,2019,16(02):36-37.
- [5]陈新勇,韩煦,邱爱民,等.扭力冲击器与螺杆钻具集成BHA应用研究[J].石油机械,2020,048(005):34-38.