



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105180889 B

(45)授权公告日 2017. 11. 17

(21)申请号 201410277772.X

(22)申请日 2014.06.19

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105180889 A

(43)申请公布日 2015.12.23

(73)专利权人 航天科工惯性技术有限公司  
地址 100070 北京市丰台区海鹰路1号院2  
号楼三层

(72)发明人 郭秋芬 李佳 刘庆成 李梅英  
李纬燕 胡雄 吕伟 岳步江

(74)专利代理机构 北京君尚知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11200  
代理人 余长江

(51)Int. Cl.  
G01C 1/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 204027551 U, 2014.12.17,  
CN 101493008 A, 2009.07.29,  
CN 101493008 A, 2009.07.29,  
CN 2250422 Y, 1997.03.26,  
CN 103277047 A, 2013.09.04,  
CN 1730896 A, 2006.02.08,  
US 6092610 A, 2000.07.25,

审查员 赵琳

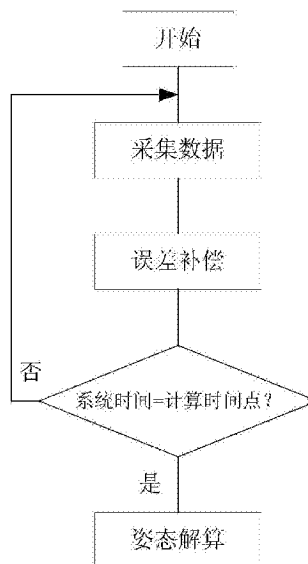
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种用于钻井的动态旋转姿态测量装置及  
方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于钻井的动态旋转姿态  
测量装置及方法。该装置包括：悬挂浆和抗压筒，  
抗压筒内设有电源板、电路板、磁性传感器、加  
速度计和陀螺仪。该方法首先通过磁性传感器、加  
速度计和陀螺仪分别测量地球磁场分量、地球重  
力分量和整个装置的转速，将各个传感器采集的  
物理输入转换成电压输出；然后根据安装误差系  
数和陀螺仪得到的转速，在加速度计的输出项中  
去除有害加速度项，实现误差补偿；然后根据加  
速度计和磁性传感器采集的地球磁场和地球重  
力数据计算钻井的动态旋转姿态。本发明可以测  
量动态旋转状态下的钻井姿态，能够有效提高动  
态钻井系统的工作效率。



1. 一种用于钻井的动态旋转姿态测量装置,其特征在于,包括:

悬挂浆,用于搭载钻井装置的旋转导向系统;

抗压筒,与悬挂浆连接,其内设有电源板、电路板、磁性传感器、加速度计和陀螺仪;所述磁性传感器、加速度计和陀螺仪分别测量地球磁场分量、地球重力分量和整个装置的转速;所述电路板实时采集所述磁性传感器、加速度计和陀螺仪的测量数据,根据安装误差系数和陀螺仪得到的转速,在加速度计的输出项中去除有害加速度项,实现误差补偿,进而根据加速度计和磁性传感器采集的地球磁场和地球重力数据计算动态旋转状态中的钻井姿态,计算姿态角并斜角的公式为:

$$\theta = \arctan \frac{\sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2}}{|a_{zb}|};$$

其中, $a_{ib}$ 为3个加速度计x、y、z的输入;

计算井斜方位角的公式为:

$$\psi = \arctan(S),$$

$$S = \frac{(a_{xb}M_{Yb} - a_{yb}M_{Xb})\sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2 + a_{zb}^2}}{M_{Zb}(a_{xb}^2 + a_{yb}^2) - a_{zb}(a_{xb}M_{Xb} + a_{yb}M_{Yb})},$$

其中, $M_{ib}$ 为3个磁性传感器X、Y、Z的输入。

2. 如权利要求1所述的用于钻井的动态旋转姿态测量装置,其特征在于:还包括一机械框架,固定于所述抗压筒内,所述电源板、电路板、磁性传感器、加速度计和陀螺仪固定于该机械框架上。

3. 如权利要求2所述的用于钻井的动态旋转姿态测量装置,其特征在于:所述机械框架通过螺纹的方式与抗压筒相连,电源板和电路板通过螺钉与机械框架连接,磁性传感器采用胶封的方式固定在机械框架中的凹槽中,惯性传感器通过螺钉与机械框架紧固相连。

4. 如权利要求1所述的用于钻井的动态旋转姿态测量装置,其特征在于:所述悬挂浆通过螺纹和连接器与所述抗压筒连接。

5. 如权利要求1所述的用于钻井的动态旋转姿态测量装置,其特征在于:所述电路板通过连接器与所述磁性传感器、加速度计和陀螺仪相连,电路板上设有A/D转换芯片和单片机,其中A/D转换芯片用于将检测到的各个传感器的输出电压由模拟量转换成数字量,单片机实时采集数字量的数据,并进行钻井姿态和物理量的计算。

6. 如权利要求1所述的用于钻井的动态旋转姿态测量装置,其特征在于:所述抗压筒内设有若干密封槽,所述密封槽内设有密封圈。

7. 一种利用权利要求1所述装置的钻井的动态旋转姿态测量方法,其步骤包括:

1) 通过磁性传感器、加速度计和陀螺仪分别测量地球磁场分量、地球重力分量和整个装置的转速,将各个传感器采集的物理输入转换成电压输出;

2) 根据安装误差系数和陀螺仪得到的转速,在加速度计的输出项中去除有害加速度项,实现误差补偿;

3) 根据加速度计和磁性传感器采集的地球磁场和地球重力数据计算钻井的动态旋转姿态。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于:在电路板中设置计时功能,步骤3)首先判断系统时间是否大于计算时间点,如果大于计算时间点则进行姿态计算,否则继续进行时间累计和存储数据。

9. 如权利要求7或8所述的方法,其特征在于,步骤3)计算动态旋转姿态的方法是:

a) 加速度计的输出表达式为:

$$V_i = \alpha_i + k_i a_{ib} + k_{\omega_i} \omega_i$$

其中: $V_i$ 为3个加速度计x、y、z的输出电压; $\alpha_i$ 为3个加速度计x、y、z的零偏; $k_i$ 为3个加速度计x、y、z的标度因数; $k_{\omega_i}$ 为3个加速度计x、y、z的有害加速度系数,此系数由陀螺仪测得的转速获得; $a_{ib}$ 为3个加速度计x、y、z的输入;

由上式,根据输出电压 $V_i$ 得到加速度计的输入 $a_{ib}$ 后,采用下面公式计算姿态角并斜角:

$$\theta = \arctan \frac{\sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2}}{|a_{zb}^2|};$$

b) 磁性传感器的输出表达式为:

$$V_{mi} = \alpha_{mi} + k_{mi} M_{ib}$$

其中: $V_{mi}$ 为3个磁性传感器X、Y、Z的输出电压; $\alpha_{mi}$ 为3个磁性传感器X、Y、Z的零偏; $k_{mi}$ 为3个磁性传感器X、Y、Z的标度因数; $M_{ib}$ 为3个磁性传感器X、Y、Z的输入;令

$$M_v = \frac{a_{xb} M_{Xb} + a_{yb} M_{Yb} + a_{zb} M_{Zb}}{\sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2 + a_{zb}^2}},$$

$$M_n = \sqrt{M_{Xb}^2 + M_{Yb}^2 + M_{Zb}^2 - M_v^2},$$

$$r = \frac{a_{xb} M_{Yb} - a_{yb} M_{Xb}}{M_n \sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2}},$$

$$s = \frac{(a_{xb} M_{Yb} - a_{yb} M_{Xb}) \sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2 + a_{zb}^2}}{M_{Zb} (a_{xb}^2 + a_{yb}^2) - a_{zb} (a_{xb} M_{Xb} + a_{yb} M_{Yb})},$$

其中, $M_v$ 、 $M_n$ 、 $r$ 、 $s$ 为中间变量,则并斜方位角的表达式为: $\psi = \arctan(S)$ 。

## 一种用于钻井的动态旋转姿态测量装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于油田钻井技术领域,涉及钻井的姿态测量,特别是在进行旋转钻进的特殊使用环境下的动态旋转姿态测量装置及测量方法。

### 背景技术

[0002] 20世纪80年代以来,国内外大部分油田相继进入开发后期,新探区块大部分处于特殊环境,如海洋、滩海、沙漠等地区,这就使得勘探开发难度和成本大大增加。另一方面,老油田为实现稳产,面临着大量的边缘油气藏、独立小油气藏、复杂断块油气藏、超薄油气藏等难动用储量的开发问题。勘探开发形势的需要推动着井型的演变与发展,大位移井、超薄油层水平井、多分枝井等复杂结构井在油气田勘探开发中所占的比例越来越大。旋转导向钻井技术正是为了适应这些复杂结构井钻井作业的需要而出现的一项高新钻井技术,是现代导向钻井的研究重点和发展方向。

[0003] 利用旋转导向钻井技术进行钻井作业时,不需要频繁起下钻就可以实现三维井眼轨迹控制,且具有井眼轨迹更光滑,延伸距离更大的优点,对保证井眼轨迹质量,提高钻井速度和效率,满足钻复杂结构井的需求都有重要意义。但这些现有的钻井系统只能在静态情况下计算钻井姿态,需要等到系统钻停后再进行姿态解算,不能在系统钻进过程中实时给出姿态信息,从而使得系统的工作效率比较低。

### 发明内容

[0004] 本发明提供一种能够动态情况下对钻井姿态进行测量的装置及方法,解决了钻井系统只能在静态情况下进行姿态结算的难题,能够有效提高动态钻井系统的工作效率。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种用于钻井的动态旋转姿态测量装置,包括:

[0007] 悬挂浆,用于搭载钻井装置的旋转导向系统;

[0008] 抗压筒,与悬挂浆连接,其内设有电源板、电路板、磁性传感器、加速度计和陀螺仪;所述磁性传感器、加速度计和陀螺仪分别测量地球磁场分量、地球重力分量和整个装置的转速;所述电路板实时采集所述磁性传感器、加速度计和陀螺仪的测量数据,进而计算动态旋转状态中的钻井姿态。

[0009] 进一步地,还包括一机械框架,固定于所述抗压筒内,所述电源板、电路板、磁性传感器、加速度计和陀螺仪固定于该机械框架上。

[0010] 进一步地,所述机械框架通过螺纹的方式与抗压筒相连,电源板和电路板通过螺钉与机械框架连接,磁性传感器采用胶封的方式固定在机械框架中的凹槽中,惯性传感器通过螺钉与机械框架紧固相连。

[0011] 进一步地,所述悬挂浆通过螺纹和连接器与所述抗压筒连接。

[0012] 进一步地,所述电路板通过连接器与所述磁性传感器、加速度计和陀螺仪相连,电路板上设有A/D转换芯片和单片机,其中A/D转换芯片用于将检测到的各个传感器的输出电

压并由模拟量转换成数字量,单片机实时采集数字量的数据,以便进行下一步的姿态和物理量的计算。

[0013] 进一步地,在各传感器(磁性传感器、加速度计和陀螺仪)、电路板和电源板与机械框架安装的地方设有若干密封槽,其内安装有密封圈,起到多重密封作用,防止工作过程中井下液体进入装置中。

[0014] 一种利用上述装置的钻井的动态旋转姿态测量方法,其步骤包括:

[0015] 1) 通过磁性传感器、加速度计和陀螺仪分别测量地球磁场分量、地球重力分量和整个装置的转速,将各个传感器采集的物理输入转换成电压输出;

[0016] 2) 根据安装误差系数和陀螺仪得到的转速,在加速度计的输出项中去除有害加速度项,实现误差补偿;

[0017] 3) 根据加速度计和磁性传感器采集的地球磁场和地球重力数据计算钻井的动态旋转姿态。

[0018] 进一步地,在电路板中设置计时功能,步骤3) 首先判断系统时间是否大于计算时间点,如果大于计算时间点则进行姿态计算,否则继续进行时间累计和存储数据。

[0019] 本发明的动态旋转姿态测量装置和方法具有实时性的特点,不需等到系统钻停后再进行姿态解算,可以测量动态旋转状态下的钻井姿态,在系统钻进过程中实时给出姿态信息,有效的提高了系统的工作效率,对动态钻井具有重要作用。

## 附图说明

[0020] 图1是动态姿态旋转测量装置的结构图。

[0021] 图2是悬挂浆的形状示意图。

[0022] 图3是应用动态姿态旋转测量装置进行姿态测量的流程图。

[0023] 其中:1. 悬挂浆;2. 抗压筒;3. 电源板;4. 电路板;5. 磁通门(磁性传感器);6. 机械框架;7. 密封圈;8. 加速度计;9. 陀螺仪。

## 具体实施方式

[0024] 下面通过具体实施例和附图,对本发明做进一步说明。

[0025] 图1是本发明的动态旋转姿态测量装置的结构图。该装置包括:悬挂浆1;抗压筒2;电源板3;电路板4;磁通门5(磁性传感器);机械框架6;密封圈7;加速度计8;陀螺仪9,其中8和9为惯性传感器。

[0026] 其中,悬挂浆1设于抗压筒2的两端,图2是悬挂浆1的具体形状放大图。悬挂浆上设有凸起,使得整个装置能够更方便地与旋转导向系统其它的钻井装置连接,提高安装精度和工作效率。

[0027] 悬挂浆1通过螺纹和连接器与抗压筒2连接。抗压筒2采用不锈钢等抗压材料实现。机械框架6通过螺纹的方式与抗压筒2相连。电源板3和电路板4通过螺钉与机械框架6连接,磁性传感器5采用胶封的方式固定在机械框架6中的凹槽中,惯性传感器8、9通过螺钉与机械框架6紧固相连。各个部件之间的电气连接采用连接器的方式相连。惯性传感器陀螺仪9负责测量整个系统的转速,起到了一个关键的作用。本发明创新性的利用磁性传感器和惯性传感器陀螺仪共同作用来进行钻井的姿态测量。在传感器、电路板和电源板与机械框架安

装的地方都设有密封槽,用于安装密封圈7,与抗压筒连接之后起到多重密封的作用,防止工作过程中井下液体进入此装置中。

[0028] 电源板3用于为装置中的其它需要用电的部件供电。电路板4通过连接器与各个传感器5、8、9相连,电路板4上设有A/D转换芯片和单片机,其中A/D转换芯片用于将检测到的各个传感器的输出电压由模拟量转换成数字量,单片机实时采集数字量的数据,以便进行下一步的姿态和物理量的计算。

[0029] 在钻井过程中,本发明的动态旋转姿态测量装置搭载在钻井装置的旋转导向系统上,由电机带动系统进行旋转钻进。在钻进过程中,电路板4上的采集计算机(单片机)高速采集磁性和惯性传感器数据,通过电路板4上的A/D转换芯片将传感器输出的电压模拟量转换成数字量,然后利用这些数据进行计算,得到系统的姿态,并将数据发送给地面主机,达到控制系统钻进方向的目的。在有转速测量的情况下,进行数据高速采集、滤波,根据陀螺传感器采集的转速,利用最小二乘法对磁性传感器和惯性传感器进行加速度补偿,之后根据进行数据平均后计算出姿态角和需要的物理量。

[0030] 具体来说,采用上述系统进行动态旋转姿态测量的流程如图3所示,具体包括如下步骤:

[0031] 1) 采集数据

[0032] 工作过程中,磁性传感器、加速度计和陀螺仪分别测量地球磁场分量、地球重力分量和整个装置的转速,各个传感器根据敏感到的物理输入,转换成电压输出。电路板4通过连接器与各个传感器5、8、9相连,检测各个传感器的输出电压,通过电路板4中的A/D转换芯片,将电压模拟量转换成数字量,电路板4中的单片机实时采集数字量的数据,以便进行下一步的姿态和物理量的计算。

[0033] 2) 误差补偿

[0034] 在此装置中,加速度计是敏感加速度的传感器。而在仪器旋转过程中,会有有害加速度加入到敏感的加速度中,需要将此有害加速度消除掉,才能得到正确的有用的加速度。根据安装误差系数和陀螺仪得到的转速,在加速度计的输出项中将有害加速度项减掉即可。

[0035] 3) 判断系统时间是否大于计算时间点

[0036] 在电路板4中设置计时功能,系统时间指计时功能获得的时间,计算时间点指设定的进行一次计算的时间,比如可以设为10s。即在计算过程中,每10s进行一次计算。如果系统时间累计等于10s,则进行下一步姿态计算,否则继续进行时间累计和存储数据。

[0037] 4) 进行姿态解算

[0038] a) 计算姿态角并斜角

[0039] 加速度计的输出表达式如下:

$$[0040] \quad V_i = a_i + k_i a_{ib} + k_{\omega_i} \omega_i$$

[0041] 其中: $V_i$ 为3个加速度计x、y、z的输出电压; $a_i$ 为3个加速度计x、y、z的零偏; $k_i$ 为3个加速度计x、y、z的标度因数; $k_{\omega_i}$ 为3个加速度计x、y、z的有害加速度系数,此系数由陀螺仪测得的转速获得; $a_{ib}$ 为3个加速度计x、y、z的输入。

[0042] 由上式,根据输出电压 $V_i$ 得到加速度计的输入 $a_{ib}$ 后,采用下面公式计算姿态角并斜角:

$$[0043] \quad \theta = \arctan \frac{\sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2}}{|a_{zb}|}$$

[0044] b) 计算井斜方位角

[0045] 磁性传感器的输出表达式如下:

$$[0046] \quad V_{mi} = \alpha_{mi} + k_{mi} M_{ib}$$

[0047] 其中:  $V_{mi}$  为3个磁性传感器X、Y、Z的输出电压;  $\alpha_{mi}$  为3个磁性传感器X、Y、Z的零偏;  $k_{mi}$  为3个磁性传感器X、Y、Z的标度因数;  $M_{ib}$  为3个磁性传感器X、Y、Z的输入。

[0048] 井斜方位角的计算公式如下:

$$[0049] \quad M_v = \frac{a_{xb} M_{Xb} + a_{yb} M_{Yb} + a_{zb} M_{Zb}}{\sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2 + a_{zb}^2}}$$

$$[0050] \quad M_n = \sqrt{M_{Xb}^2 + M_{Yb}^2 + M_{Zb}^2 - M_v^2}$$

$$[0051] \quad r = \frac{a_{xb} M_{Yb} - a_{yb} M_{Xb}}{M_n \sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2}}$$

$$[0052] \quad s = \frac{(a_{xb} M_{Yb} - a_{yb} M_{Xb}) \sqrt{a_{xb}^2 + a_{yb}^2 + a_{zb}^2}}{M_{Zb} (a_{xb}^2 + a_{yb}^2) - a_{zb} (a_{xb} M_{Xb} + a_{yb} M_{Yb})}$$

[0053] 其中,  $M_v$ 、 $M_n$ 、 $r$ 、 $s$  为中间变量, 则井斜方位角的表达式如下:

$$[0054] \quad \psi = \arctan(S)$$

[0055] 本发明利用磁性传感器、惯性传感器进行动态测量, 对传感器误差、姿态角误差进行补偿, 钻井斜度低转速动态精度能达到  $0.5^\circ$ 、高转速动态精度能达到  $1^\circ$ , 方位角低转速动态精度能达到  $1^\circ$ 、高转速动态精度能达到  $2^\circ$ , 能够很好的满足实际工程需要。

[0056] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其进行限制, 本领域的普通技术人员可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换, 而不脱离本发明的精神和范围, 本发明的保护范围应以权利要求所述为准。

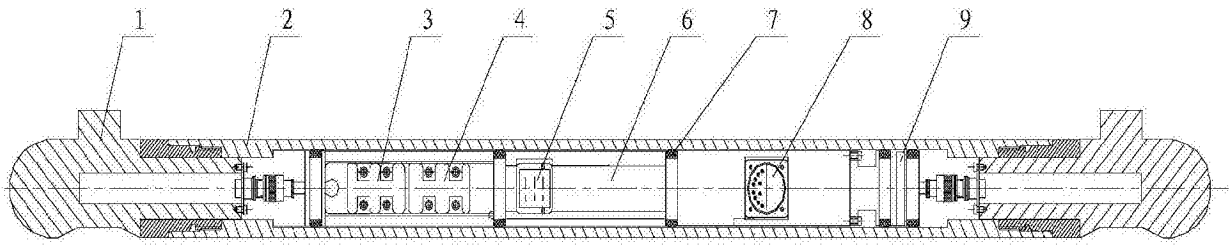


图1

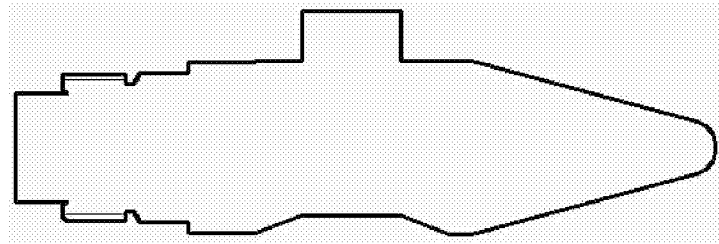


图2

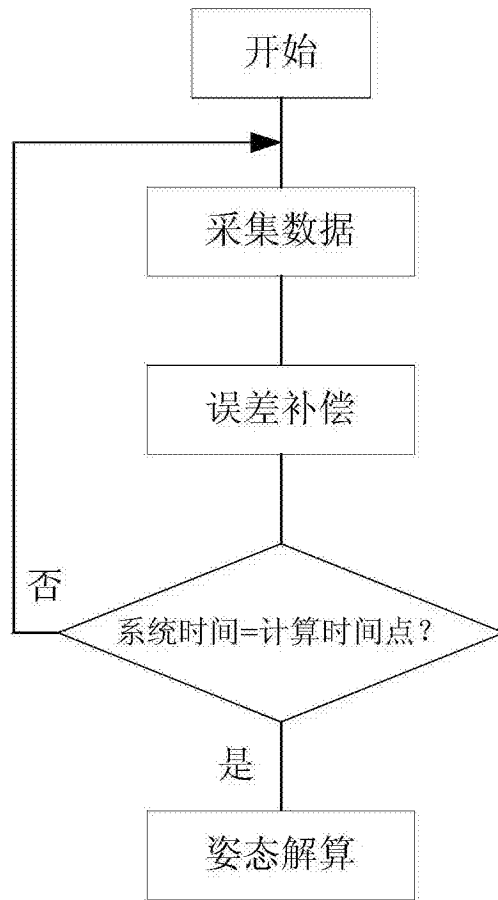


图3