



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104236874 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201310241505. 2

(22) 申请日 2013. 06. 18

(71) 申请人 西门子工厂自动化工程有限公司  
地址 100016 北京市朝阳区酒仙桥东路 9 号  
A1 栋 8 层

(72) 发明人 吕春野 李欣 马焉

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240

代理人 李慧

(51) Int. Cl.

G01M 13/00 (2006. 01)

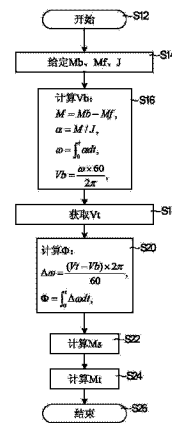
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法:根据需模拟工况给定一个被模拟钻杆的底部模拟扭矩、一个阻力模拟扭矩和一个模拟转动惯量;根据底部模拟扭矩、阻力模拟扭矩和模拟转动惯量,计算底部模拟转速;测量转动中的驱动装置的转速并将其作为顶部模拟转速;根据底部模拟转速和顶部模拟转速,计算模拟形变角度;根据模拟形变角度计算模拟弹性力矩;根据模拟弹性力矩底部模拟扭矩,计算顶部模拟扭矩。上述方法可在不安装钻杆的情况下,模拟实际钻井过程中钻杆顶部扭矩的输出情况,并可模拟不同工况下钻杆顶部扭矩的输出情况,由此制定顶驱钻机的输出策略。



1. 顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法,其特征在于,所述顶驱钻机可由一个驱动装置驱动一个钻杆,被模拟的钻杆具有一个连接于驱动装置的顶部和一个用于钻探的底部,所述模拟钻杆载荷的方法包括:

根据需模拟工况给定一个被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$ 、一个阻力模拟扭矩  $M_f$  和一个被模拟钻杆的模拟转动惯量  $J$ ;

根据所述底部模拟扭矩  $M_b$ 、所述阻力模拟扭矩  $M_f$  和所述模拟转动惯量  $J$ ,计算被模拟钻杆的底部模拟转速  $V_b$ ;

测量转动中的驱动装置的转速,并将测得的所述转速作为被模拟钻杆的顶部模拟转速  $V_t$ ;

根据所述底部模拟转速  $V_b$  和所述顶部模拟转速  $V_t$ ,计算被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$ ;

根据所述模拟形变角度  $\Phi$  计算被模拟钻杆的模拟弹性力矩  $M_s$ ;和

根据所述模拟弹性力矩  $M_s$  和所述底部模拟扭矩  $M_b$ ,计算被模拟钻杆的顶部模拟扭矩  $M_t$ 。

2. 如权利要求 1 所述的模拟钻杆载荷的方法,其特征在于,根据所述底部模拟扭矩  $M_b$ 、所述阻力模拟扭矩  $M_f$  和所述模拟转动惯量  $J$ ,通过以下公式计算被模拟钻杆的底部模拟转速  $V_b$ ,公式为:

$$M = M_b - M_f,$$

$$\alpha = M/J,$$

$$\omega = \int_{t_0}^{t_1} \alpha dt,$$

$$V_b = \frac{\omega \times 60}{2\pi},$$

其中,  $M$  为加速扭矩,  $\alpha$  为角加速度,  $\omega$  为角速度。

3. 如权利要求 1 所述的模拟钻杆载荷的方法,其特征在于,根据所述底部模拟转速  $V_b$  和所述顶部模拟转速  $V_t$ ,通过以下公式计算被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$ ,公式为:

$$\Delta\omega = \frac{(V_t - V_b) \times 2\pi}{60},$$

$$\Phi = \int_{t_0}^{t_1} \Delta\omega dt,$$

其中,  $\Delta\omega$  为角速度差。

4. 如权利要求 1 所述的模拟钻杆载荷的方法,其特征在于,所述阻力模拟扭矩  $M_f$  藉由被模拟钻杆的底部摩擦力矩  $M_k$  和被模拟钻杆的底部切削阻力矩  $M_r$  给定。

5. 如权利要求 4 所述的载荷模拟方法,其特征在于,所述被模拟钻杆的底部摩擦力矩  $M_k$  藉由被模拟钻杆的底部的动摩擦模拟系数或静摩擦模拟系数给定。

6. 如权利要求 1 所述的载荷模拟方法,其特征在于,根据所述模拟工况给定一个被模拟钻杆的模拟扭转系数  $\delta$ ,用所述模拟形变角度  $\Phi$  乘以所述模拟扭转系数  $\delta$  计算得出所述模拟弹性力矩  $M_s$ 。

7. 如权利要求 6 所述的载荷模拟方法,其特征在于,还包括:所述模拟扭转系数  $\delta$  藉

由一个被模拟钻杆的模拟半径  $r$ 、一个被模拟钻杆的模拟长度  $L$  和一个被模拟钻杆的模拟切边模量  $G$  给定,公式如下:

$$\delta = \frac{\pi \times G \times r^4}{2 \times L}。$$

## 顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法,尤其涉及一种顶驱石油钻机的模拟钻杆载荷的方法。

### 背景技术

[0002] 如图 1 所示,顶驱钻机在现场应用时,其驱动装置 50 通过钻杆 60 的顶部 62 带动钻杆 60 以一定转速运行,设置于钻杆底部 64 的钻具在如岩石 80 等上钻探,即钻杆底部 64 的钻具需克服摩擦力及切削阻力完成钻井工作。由于受到钻杆的长度、半径、钻探岩层等因素的影响,钻杆的底部 64 和顶部 62 可能出现转速不同步、扭矩不一致的情况,同时钻探过程中还可能会出现一些特殊工况,例如钻杆底部 64 的钻具在岩石 80 中会出现卡钻和解卡现象。

[0003] 由于钻杆比较长,顶驱钻机出厂测试时,无法安装钻杆加以测试,即不能确定实际钻井过程中各种因素造成的影响,特别是无法了解出现各种特殊工况时钻杆的状况,进而无法地根据不同工况准确制定顶驱钻机的输出策略。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法,在不安装钻杆的情况下,模拟实际钻井过程中钻杆顶部扭矩的输出情况,并可模拟不同工况下钻杆顶部扭矩的输出情况,由此制定顶驱钻机的输出策略。

[0005] 本发明提供了一种顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法,其中顶驱钻机可由一个驱动装置驱动一个钻杆,被模拟的钻杆具有一个连接于驱动装置的顶部和一个用于钻探的底部,模拟钻杆载荷的方法包括:

[0006] 根据需模拟工况给定一个被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$ 、一个阻力模拟扭矩  $M_f$  和一个被模拟钻杆的模拟转动惯量  $J$ ;

[0007] 根据底部模拟扭矩  $M_b$ 、阻力模拟扭矩  $M_f$  和模拟转动惯量  $J$ ,计算被模拟钻杆的底部模拟转速  $V_b$ ;

[0008] 测量转动中的驱动装置的转速,并将测得的转速作为被模拟钻杆的顶部模拟转速  $V_t$ ;

[0009] 根据底部模拟转速  $V_b$  和顶部模拟转速  $V_t$ ,计算被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$ ;

[0010] 根据模拟形变角度  $\Phi$  计算被模拟钻杆的模拟弹性力矩  $M_s$ ;和

[0011] 根据模拟弹性力矩  $M_s$  和底部模拟扭矩  $M_b$ ,计算被模拟钻杆的顶部模拟扭矩  $M_t$ 。

[0012] 在顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式中,阻力模拟扭矩  $M_f$  藉由被模拟钻杆的底部阻力  $F$  给定。上述方法可以使模拟更真实,更准确。

[0013] 在顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式中,根据底部模拟扭矩  $M_b$ 、阻力模拟扭矩  $M_f$  和模拟转动惯量  $J$ ,通过以下公式计算被模拟钻杆的底部模拟转速  $V_b$ ,公式为:

[0014]  $M = M_b - M_f,$

[0015]  $\alpha = M/J,$

[0016]  $\omega = \int_{t_0}^{t_1} \alpha dt,$

[0017]  $V_b = \frac{\omega \times 60}{2\pi},$

[0018] 其中,  $M$  为加速扭矩,  $\alpha$  为角加速度,  $\omega$  为角速度。

[0019] 在顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式中, 根据底部模拟转速  $V_b$  和顶部模拟转速  $V_t$ , 通过以下公式计算被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$ , 公式为:

[0020]  $\Delta\omega = \frac{(V_t - V_b) \times 2\pi}{60},$

[0021]  $\Phi = \int_{t_0}^{t_1} \Delta\omega dt,$

[0022] 其中,  $\Delta\omega$  为角速度差。

[0023] 在顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式中, 底部阻力  $F$  藉由被模拟钻杆的底部摩擦力矩  $M_k$  和被模拟钻杆的底部的切削阻力矩  $M_r$  给定。其中底部摩擦力矩  $M_k$  藉由被模拟钻杆的底部的动摩擦模拟系数或静摩擦模拟系数给定。上述方法可以使模拟更真实, 更准确。

[0024] 在顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式中, 可根据模拟工况给定一个被模拟钻杆的模拟扭转系数  $\delta$ , 用模拟形变角度  $\Phi$  乘以模拟扭转系数  $\delta$  计算得出模拟弹性力矩  $M_s$ 。上述方法可以使模拟更真实, 更准确。

[0025] 在顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式中, 模拟扭转系数  $\delta$  藉由一个被模拟钻杆的模拟半径  $r$ 、一个被模拟钻杆的模拟长度  $L$  和一个被模拟钻杆的模拟切边模量  $G$  给定, 公式如下:

[0026]  $\delta = \frac{\pi \times G \times r^4}{2 \times L}。$

[0027] 上述方法可以使模拟更真实, 更准确。

[0028] 顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法, 在不安装钻杆的情况下, 模拟实际钻井过程中钻杆顶部扭矩的输出情况, 并可根椐模拟工况选取给定参数, 以模拟各种工况时顶驱钻机的工作状态, 有助于制定钻杆顶部扭矩的输出策略。

## 附图说明

[0029] 以下附图仅对本发明做示意性说明和解释, 并不限定本发明的范围。

[0030] 图 1 用以说明顶驱钻机在现场应用时的工作状态。

[0031] 图 2 用以说明顶驱钻机的性能测试装置的一种示意性实施方式的结构。

[0032] 图 3 用以说明顶驱钻机的模拟钻杆载荷的方法的一种示意性实施方式的工作流程。

[0033] 标号说明

[0034] 10 载荷模拟装置

- [0035] 20 扭矩加载装置
- [0036] 30 连接装置
- [0037] 50 驱动装置
- [0038] 60 钻杆
- [0039] 62 钻杆的顶部
- [0040] 64 钻杆的底部
- [0041] 80 岩石

### 具体实施方式

[0042] 为了对发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图说明本发明的具体实施方式,在各图中相同的标号表示相同的部分。

[0043] 在本文中,“示意性”表示“充当实例、例子或说明”,不应将在本文中被描述为“示意性”的任何图示、实施方式解释为一种更优选的或更具优点的技术方案。在本文中,“一个”不仅表示“仅此一个”,也可以表示“多于一个”的情形。

[0044] 图 2 用以说明顶驱钻机的性能测试装置的一种示意性实施方式的结构,如图 2 所示,测试时顶驱钻机的驱动装置 50 上没有安装钻杆(请参见图 1),但性能测试装置可根据模拟工况模拟一个钻杆的载荷情况,被模拟的钻杆具有一个连接于驱动装置 50 的顶部和一个用于钻探的底部(请参见图 1)。其中性能测试装置包括一个载荷模拟装置 10 和一个扭矩加载装置 20。扭矩加载装置 20 可通过一个连接装置 30 (如减速机和联轴节)与顶驱钻机的驱动装置 50 连接,即驱动装置 50 在不安装钻杆的情况下通过连接装置 30 与扭矩加载装置 20 连接。驱动装置 50 开启后会带动连接装置 30 一起转动,载荷模拟装置 10 可通过测量连接装置 30 的转速来实时获得驱动装置 50 的输出转速,并将该转速作为被模拟钻杆的顶部模拟转速,模拟载荷装置 10 会以被模拟钻杆的顶部模拟转速及其他模拟量(容后详述)为基础模拟获得被模拟钻杆的顶部模拟扭矩,并将该被模拟钻杆的顶部模拟扭矩输入至扭矩加载装置,扭矩加载装置可根据被模拟钻杆的顶部模拟扭矩向驱动装置 50 加载扭矩,以检验驱动装置 50 在承受被模拟钻杆的顶部模拟扭矩时的工作状态,即可测试顶驱钻机的工作性能,顶驱钻机的控制装置(图中未画出)还可以采集记录下在模拟不同工作状态时被模拟钻杆的顶部模拟扭矩的输出量,并以此作为依据制定工作策略以在实际工程中应用。

[0045] 图 3 用以说明顶驱钻机的载荷模拟方法的一种示意性实施方式的工作流程,现结合图 2 和图 3 来说明顶驱钻机的载荷模拟方法的工作流程。

[0046] 步骤 S12 开始,将图 2 中的各部件连接好,并开启驱动装置 50。

[0047] 步骤 S14 给定参数,根据需模拟工况给定一个被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$ ,单位为  $\text{KNm}$ ,给定一个阻力模拟扭矩  $M_f$ ,单位为  $\text{KNm}$  和一个被模拟钻杆的模拟转动惯量  $J$ ,单位为  $\text{kg m}^2$ 。例如在一种具体的实施方式中, $M_b$  的值可为  $10\text{KNm}$ , $M_f$  的值可为  $0.1\text{KNm}$ ,转动惯量  $J$  的值可为  $1500\text{kgm}^2$ 。本文中所说的“给定”既包括直接给定一个目标参数,也包括通过给定其他参数来计算得出目标参数的情况。输入上述被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$ 、阻力模拟扭矩  $M_f$  和被模拟钻杆的模拟转动惯量  $J$  至载荷模拟装置 10,同样,本文中所说的“输入”既包括直接输入一个目标参数,也包括通过输入其他参数来计算得出目标参数的情况。其中,被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$  可根据实际工程经验总结得出,例如测试时厂家可根

据不同型号的顶驱钻机的可输出的扭矩范围(如:0 ~ 100KNm)随机给定,阻力模拟扭矩  $M_f$  可根据实际工程的岩石情况模拟给出,被模拟钻杆的模拟转动惯量可根据被模拟钻杆的质量、半径等给出。

[0048] S16 计算底部转速,载荷模拟装置 10 会根据输入的被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$ 、阻力模拟扭矩  $M_f$  和被模拟钻杆的模拟转动惯量  $J$  计算得出被模拟钻杆的底部模拟转速  $V_b$ ,单位为 RPM,具体公式为:

$$[0049] \quad M = M_b - M_f$$

$$[0050] \quad \alpha = M/J$$

$$[0051] \quad \omega = \int_{t_0}^{t_1} \alpha dt$$

$$[0052] \quad V_b = \frac{\omega \times 60}{2\pi}$$

[0053] 其中,  $M$  为加速扭矩,  $\alpha$  为角加速度,  $\omega$  为角速度,计算时将角加速度  $\alpha$  乘以循环时间进行累加得到角速度  $\omega$ ,本领域技术人员可以理解,在计算单位不同时,上述公式也可做相应变化;

[0054] S18 获取顶部转速,载荷模拟装置 10 会测量转动状态下驱动装置 50 的转速,并将测得的转速作为被模拟钻杆的顶部模拟转速  $V_t$ ,单位为 RPM,顶驱的转速值通常在 0 至 200RPM 范围内,不同型号的顶驱最高转速有所差别,测试时可在范围内给任何值。步骤 S18 可以随时进行,所以除可以按照图 3 中所示流程顺序进行外,本领域技术人员可以理解,只要在驱动装置 50 转动的情况下,步骤 S18 可在上述任意步骤间执行,也可以与上述任意步骤同时进行。

[0055] S20 计算形变角度,载荷模拟装置 10 可根据被模拟钻杆的底部模拟转速  $V_b$  和被模拟钻杆的顶部模拟转速  $V_t$  计算得出被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$ ,公式为,

$$[0056] \quad \Delta\omega = \frac{(V_a - V_b) \times 2\pi}{60}$$

$$[0057] \quad \Phi = \int_{t_0}^{t_1} \Delta\omega dt$$

[0058] 其中,  $\Delta\omega$  为角速度差,计算时将角速度差  $\Delta\omega$  乘以循环时间进行累加得到模拟形变角度  $\Phi$ ,本领域技术人员可以理解,在计算单位不同时,上述公式也可做相应变化;

[0059] S22 计算弹性力矩,载荷模拟装置 10 根据被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$  计算出被模拟钻杆的模拟弹性力矩  $M_s$ ,例如可根据需模拟工况给定一个被模拟钻杆的模拟扭转系数  $\delta$ ,单位为 Nm/圈,  $\delta$  的值与被模拟钻杆的尺寸有关,测试时可根据顶驱钻机的型号给出,公式为:  $M_s = \Phi \times \delta$ 。

[0060] S24 计算顶部扭矩,载荷模拟装置 10 可根据被模拟钻杆的模拟弹性力矩  $M_s$  和被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$  计算得出被模拟钻杆的顶部模拟扭矩  $M_t$ ,单位为 KNm,  $M_t = M_s + M_b$ 。

[0061] S26 模拟过程结束。

[0062] 上述过程可模拟顶驱钻机工作时的各种工况,例如测试时厂家可先设定被模拟钻杆的底部模拟扭矩  $M_b$  为 10KNm,再突然升到 80KNm,以模拟井下突然卡钻的状态,然后在 80KNm 时又突然降到 10KNm,以模拟井下卡钻后解卡的状态。

[0063] 操作人员可将被模拟钻杆的顶部模拟扭矩  $M_t$  施加给顶驱钻机的驱动装置 50, 以测试和记录顶驱钻机在输出上述被模拟钻杆的顶部模拟扭矩  $M_t$  时的工作状态, 并可根据模拟工况选取给定参数, 以模拟各种工况时顶驱钻机的工作状态, 有助于制定钻杆顶部扭矩的输出策略。

[0064] 为更真实准确的模拟工况, 在上述步骤 S14 给定阻力模拟扭矩  $M_f$  时, 阻力模拟扭矩  $M_f$  可藉由被模拟钻杆的底部摩擦力矩  $M_k$  和被模拟钻杆的底部的切削阻力矩  $M_r$  给定,  $M_f = M_k + M_r$ 。被模拟钻杆的底部摩擦力矩  $M_k$  还可藉由被模拟钻杆的底部的动摩擦模拟系数或静摩擦模拟系数给定, 可根据需模拟工况时摩擦情况和岩石情况给定被模拟钻杆的底部的动摩擦模拟系数或静摩擦模拟系数, 例如, 假设被模拟钻杆的底部被岩石卡住就需要给定一个静摩擦系数(卡钻情况), 如果假设被模拟钻杆的底部切削岩石正常就需要给定一个动摩擦系数。静摩擦系数、动摩擦系数的具体数值还要根据假设的岩石层构造给定。被模拟钻杆的底部的切削阻力矩  $M_r$  可以是实际钻井时的记录和工艺值。

[0065] 在上述步骤 S22 中提到, 根据被模拟钻杆的模拟形变角度  $\Phi$ , 可再通过根据模拟工况给定一个被模拟钻杆的模拟扭转系数  $\delta$  来计算得出被模拟钻杆的模拟弹性力矩  $M_s$ ,  $M_s = \Phi \times \delta$ 。为更真实准确的模拟工况, 其中被模拟钻杆的模拟扭转系数  $\delta$  可藉由给定一个被模拟钻杆的模拟半径  $r$ 、一个被模拟钻杆的模拟长度  $L$  和一个被模拟钻杆的模拟切边模量  $G$  给定, 其中,  $r$  的单位为  $m$ ,  $L$  的单位为  $m$ ,  $G$  的单位为  $N/m^2$ ,  $r$  的值和  $L$  的值可根据顶驱钻机的型号给出, 模拟切边模量  $G$  的值可为实际钻井时的记录和工艺值, 公式为:

$$[0066] \quad \delta = \frac{\pi \times G \times r^4}{2 \times L}。$$

[0067] 顶驱钻机的载荷模拟方法在不安装钻杆的情况下, 可根据所需模拟工况得出被模拟钻杆的顶部输出扭矩, 并可以此作为判断顶驱钻机工作性能和制定工作策略的依据。

[0068] 应当理解, 虽然本说明书是按照各个实施例描述的, 但并非每个实施例仅包含一个独立的技术方案, 说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见, 本领域技术人员应当将说明书作为一个整体, 各实施例中的技术方案也可以经适当组合, 形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0069] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施例的具体说明, 它们并非用以限制本发明的保护范围, 凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方案或变更, 如特征的组合、分割或重复, 均应包含在本发明的保护范围之内。



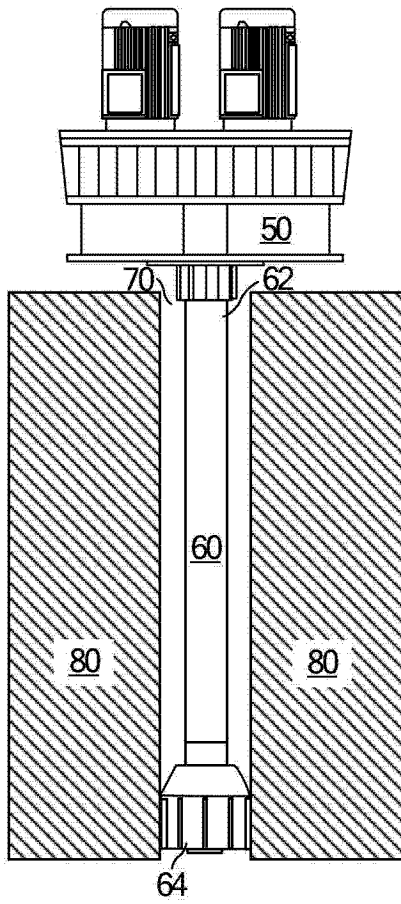


图 1

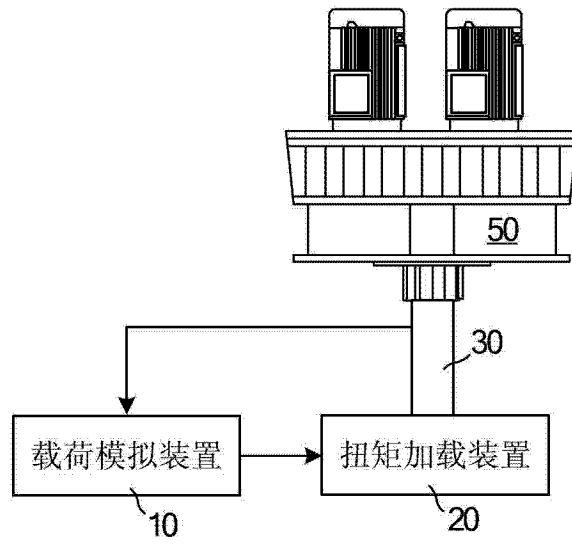


图 2

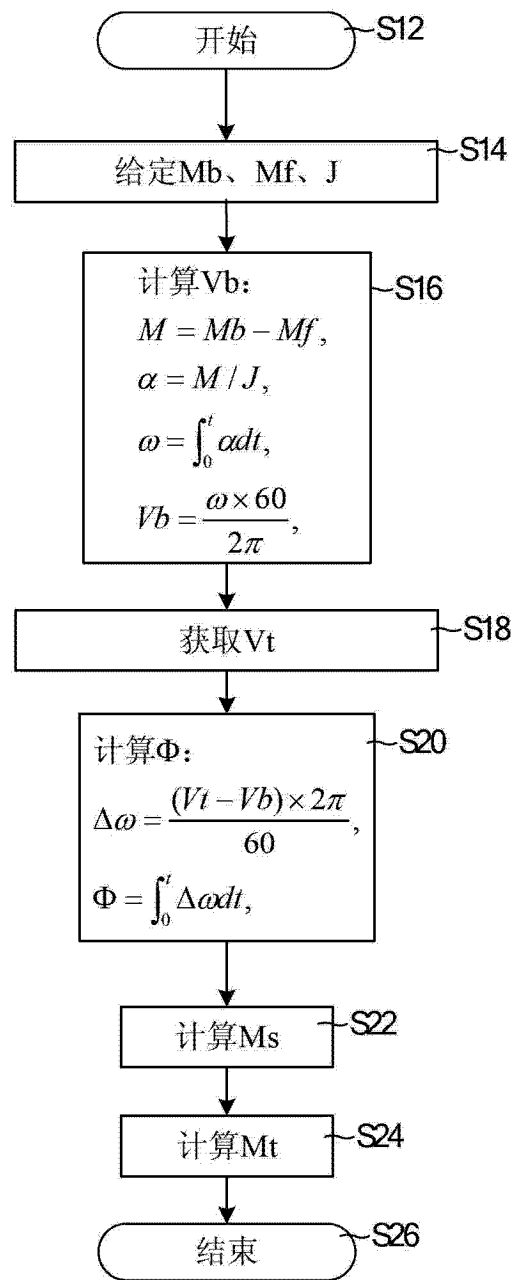


图 3