



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117299530 A

(43) 申请公布日 2023.12.29

(21) 申请号 202310890631.4

(22) 申请日 2023.07.20

(71) 申请人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路
三巷11号

(72)发明人 张学良 张振彪 程壮壮 李子谦
张家鑫 梁坤 段梦娇 闻邦椿

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

专利代理师 梅洪玉

(51) Int.Cl.

B07B 1/28 (2006.01)

B07B 1/46 (2006.01)

G06F 17/13 (2006.01)

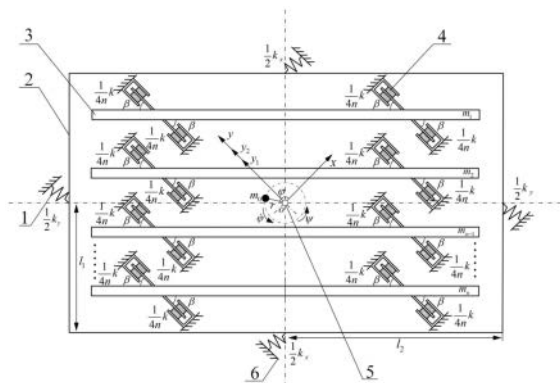
权利要求书4页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛及其参数确定方法

(57) 摘要

本发明属于振动筛分装置技术领域,公开了一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛及其参数确定方法。该单机驱动节能型水平椭圆振动筛包括:一个激振器、外质体、内质体、剪切橡胶弹簧、隔振弹簧;隔振弹簧连接于地基与主质体;激振器位于外质体质心处,激振器由偏心转子及感应电机组成,且其绕自身旋转轴线中心旋转,从而产生激振力,使内质体产生一定振动强度,内质体运动轨迹为椭圆运动,根据使用需求可安装相应数量的内质体,提高生产率,降低功耗,从而实现其工程应用价值。



1. 一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛, 其特征在于, 该单机驱动节能型水平椭圆振动筛包括: 激振器 (5)、外质体 (2)、内质体 (3)、剪切弹簧 (4)、隔振弹簧 (1); 隔振弹簧 (1) 对称分布连接地基 (6) 与外质体 (2); 激振器 (5) 包括偏心转子及感应电机, 位于外质体 (2) 质心处; 激振器 (5) 绕自身旋转轴线中心旋转, 产生激振力, 驱动水平椭圆振动筛系统产生振动强度, 驱动内质体 (3) 实现椭圆运动; 内质体包括多个质体, 每个质体均通过多个剪切弹簧 (4) 连接于外质体 (3) 内基座上; 所有剪切弹簧 (4) 倾斜角度相同; 相邻质体间等距。

2. 根据权利要求1所述的单机驱动节能型水平椭圆振动筛, 其特征在于, 所述外质体 (2) 为振动筛机体, 内质体 (3) 为筛网; 剪切弹簧 (4) 分布在质体两端; 振动筛机体的进料口和出料口以振动筛机体质心原点对称分布。

3. 根据权利要求1或2所述的单机驱动节能型水平椭圆振动筛, 其特征在于, 当剪切弹簧 (4) 倾角为0-90度时, 此时激振器 (5) 逆时针旋转, 进料口位于振动筛机体右上方, 出料口位于振动筛机体左下方; 当剪切弹簧倾角为90-180度时, 此时激振器 (5) 顺时针旋转, 进料口位于振动筛机体左上方, 出料口位于振动筛机体右下方。

4. 一种如权利要求1或2所述的单机驱动节能型水平椭圆振动筛参数确定方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤1, 建立动力学模型和系统运动微分方程;

设定固定坐标0xy, 激振器 (5) 的旋转中心为0, 其对应相位表示为 φ ; 整个水平椭圆振动筛系统有三个自由度, 分为x方向的振动, y方向的振动及绕质心的摆动 ψ ;

选定x, y, ψ , φ 为广义坐标, 基于Lagrange方程, 水平椭圆振动筛系统的运动微分方程推导如下:

$$M_1 \ddot{y}_1 + f_{1y} (\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + k (y_1 - y_2) = 0 \quad (1)$$

$$M_2 \ddot{y}_2 - f_{1y} (\dot{y}_1 - \dot{y}_2) - k (y_1 - y_2) + f_{2y} \dot{y}_2 + k_y y_2 = m_0 r (\dot{\varphi}^2 \sin \varphi - \ddot{\varphi} \cos \varphi) \quad (2)$$

$$M \ddot{x} + f_x \dot{x} + k_x x = m_0 r (\dot{\varphi}^2 \cos \varphi + \ddot{\varphi} \sin \varphi) \quad (3)$$

$$J \ddot{\psi} + f_\psi \dot{\psi} + k_\psi \psi = 0 \quad (4)$$

$$J_0 \ddot{\varphi} + f_0 \dot{\varphi} = T_0 - m_0 r (\ddot{y}_2 \cos \varphi - \ddot{x} \sin \varphi) \quad (5)$$

其中;

$$M_1 = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n, M_2 = m_0 + m_v, M = M_1 + M_2$$

$$J = M l_e^2 = J_m + m_0 r^2, \quad J_0 \ddot{\varphi} = m_0 r^2, \quad k_\psi = \frac{1}{2} (k_x l_y^2 + k_y l_x^2),$$

$$f_\psi = \frac{1}{2} (f_x l_y^2 + f_y l_x^2), \beta = 0^\circ - 90^\circ$$

$$l_x = l_1 \cdot \cos \beta, l_y = l_2 \cdot \cos \beta$$

式中, M为水平椭圆振动筛系统总质量; m_v 为外质体质量; m_0 为激振器的偏心转子质量; m_i 为筛网的质量, $i=1, 2, 3 \dots n$; J为整个水平椭圆振动筛系统的转动惯量; J_0 为激振器的转动惯量; J_m 为内质体、外质体及激振器感应电机的转动惯量; l_e 为水平椭圆振动筛系统当量回转半径; r为激振器的偏心距; f_0 为感应电机的轴阻尼系数; T_0 为感应电机的电磁输出转矩; k_x, k_y 分别为水平椭圆振动筛系统在x和 ψ 方向上的弹簧刚度; k, k_y 分别为内质体和外质

体在y方向的弹簧刚度; f_x, f_ψ 分别为水平椭圆振动筛系统在x和 ψ 方向上的阻尼系数; f_{1y}, f_{2y} 分别为内质体、外质体在y方向的阻尼系数; l_1 为隔振弹簧(6)与外质体连接点到振动筛质心的直线距离; l_2 为隔振弹簧(1)与外质体连接点到振动筛质心的水平距离; β 为剪切弹簧倾斜角度; $(\dot{\bullet})$ 为一阶时间导数; $(\ddot{\bullet})$ 为二阶时间导数;

步骤2, 计算水平椭圆振动筛系统固有频率、稳态响应及轨迹方程;

步骤3, 计算水平椭圆振动筛系统高阶固有频率、低阶固有频率。

5. 根据权利要求4所述的单机驱动节能型水平椭圆振动筛参数确定方法, 其特征在于, 所述水平椭圆振动筛系统固有频率、稳态响应及轨迹方程计算如下;

在稳态下, 方程(2)中不考虑 $\ddot{\phi}$, k_x 和 k_y 均小于 k , 不考虑外质体的阻尼常数 f_{2y} ;

综上所述, 式(1)、式(2)简化为

$$M_1' \ddot{y}_1 + f_{1y}(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + k(y_1 - y_2) = 0 \quad (6)$$

$$M_2' \ddot{y}_2 - f_{1y}(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) - k(y_1 - y_2) = m_0 r \omega_{m0}^2 \sin \varphi \quad (7)$$

式中

$$M_1' = M_1, M_2' = M_2 - (k_y / \omega_{m0}^2) \quad \omega_{m0} = \dot{\phi}$$

忽略 k_y , 故

$$M_2' = M_2$$

整理(6)(7)式, 得:

$$M_3 \ddot{y}_3 + f_{1y} \dot{y}_3 + k y_3 = M_4 m_0 r \omega_{m0}^2 \sin \varphi \quad (8)$$

式中,

$$M_3 = \frac{M_1' M_2'}{M_1' + M_2'}, \quad M_4 = -\frac{M_1'}{M_1' + M_2'}, \quad y_3 = y_1 - y_2$$

其中, M_3 为水平椭圆振动筛系统的诱导质量, y_3 为 y_1, y_2 的相对位移;

根据式(8)推出水平椭圆振动筛系统的固有频率 ω_n ;

$$\omega_n = \sqrt{k / M_3} = \sqrt{k(M_1' + M_2') / (M_1' M_2')} \quad (9)$$

$$y_3 = \frac{m_0 / M_2 \cdot (\omega_{m0} / \omega_n)^2 r}{\sqrt{[1 - (\omega_{m0} / \omega_n)^2]^2 + [2\xi(\omega_{m0} / \omega_n)]^2}} \cdot \sin(\varphi - \delta) \quad (10)$$

式中,

$$\xi = \frac{f_{1y}}{2\sqrt{kM_3}}, \quad \delta = \arctan\left[\frac{2\xi(\omega_{m0} / \omega_n)}{1 - (\omega_{m0} / \omega_n)^2}\right];$$

由上式可知, 当 $\omega_{m0} / \omega_n = 1$ 时, 此时水平椭圆振动筛系统共振, 此时 y_{12} 具有极大值, 即此时振幅为

$$Y = \frac{m_0 / M_2 \cdot r}{2\xi} \quad (11)$$

则水平椭圆振动筛系统在x、y和 ψ 方向上的绝对运动响应通过传递函数法推导如下:

$$\begin{aligned}
y_s &= m_0 \omega_{m0}^2 \sqrt{\frac{\varepsilon_{cj}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2}} r \cdot \sin(\varphi - \gamma_{uy}), \quad s, j, u = 1, 2 \\
x_1 &= -\frac{m_0}{\eta_1 M} r \cdot \cos(\varphi + \gamma_1) \\
\psi_1 &= -\frac{r_m l_0}{\eta_2 l_e^2} \cdot r \cdot \sin(\varphi + \gamma_2) \\
\eta_h &= 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega_{m0}^2}, \quad \gamma_q = \arctan \frac{2\xi_t(\omega_p / \omega_{m0})}{1 - (\omega_p / \omega_{m0})^2}, \quad h, p, q, t = 1, 2 \\
\omega_1 &= \sqrt{\frac{k_x}{M}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{k_\psi}{J}}, \quad \xi_1 = \frac{f_x}{2\sqrt{k_x M}}, \quad \xi_2 = \frac{f_\psi}{2\sqrt{k_\psi M}} \\
\varepsilon_a &= \omega_{m0}^4 M_1 M_2 - \omega_{m0}^2 M_1 (k + k_{1y}) - \omega_{m0}^2 k M_2 - \omega_{m0}^2 f_{1y} f_{2y} + k k_{1y} \\
\varepsilon_b &= -\omega_{m0}^3 f_{1y} M_2 - \omega_{m0}^3 M_1 (f_{1y} + f_{2y}) + \omega_{m0} f_{1y} k_{2y} + \omega_{m0} k f_{2y} \\
\varepsilon_{c1} &= k, \quad \varepsilon_{c2} = k - \omega_{m0}^2 M_1, \quad \varepsilon_d = \omega_{m0} f_{1y} \\
\text{当 } \varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d > 0 \text{ 时,} \\
\gamma_{uy} &= \arctan \frac{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} - \varepsilon_b \varepsilon_d}{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d} \\
\text{当 } \varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d < 0 \text{ 时,} \\
\gamma_{uy} &= \arctan \frac{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} - \varepsilon_b \varepsilon_d}{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d} + \pi \quad u, j = 1, 2
\end{aligned} \tag{12}$$

由上可知,内质体在x方向的最大位移为 $\frac{m_0}{\eta_1 M} r$,在y方向上的最大位移为

$$m_0 \omega_{m0}^2 \sqrt{\frac{\varepsilon_{c1}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2}} r。$$

6. 根据权利要求5所述的单机驱动节能型水平椭圆振动筛参数确定方法,其特征在于,所述内质体的椭圆轨迹方程为:

$$\frac{x_1^2}{\frac{m_0^2}{\eta_1^2 M^2} r^2} + \frac{y_1^2}{m_0^2 \omega_{m0}^4 \frac{\varepsilon_{c1}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2} \cdot r^2} = 1 \tag{13}$$

式中,

$$x_1 = -\frac{m_0}{\eta_1 M} r \cdot \cos(\varphi + \gamma_1) \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad y_1 = m_0 \omega_{m0}^2 \sqrt{\frac{\varepsilon_{c1}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2}} r \cdot \sin(\varphi - \gamma_{1y})$$

式中, x_1, y_1, ψ_1 分别为内质体在x,y, ψ 方向上的绝对运动响应。

7. 根据权利要求5所述的单机驱动节能型水平椭圆振动筛参数确定方法, 其特征在于, 所述计算水平椭圆振动筛系统高阶固有频率、低阶固有频率具体为;

由式(1)和式(2)得到水平椭圆振动筛系统的特征值方程和两个对应的高阶固有频率、低阶固有频率分别表示为 $(k - \omega^2 M_1)(k + k_y - \omega^2 M_2) - k^2 = 0$ (14)

解得

$$\omega_1 = a\sqrt{b + \sqrt{c}}, \quad \omega_2 = a\sqrt{b - \sqrt{c}}$$

式中

$$a = \frac{1}{\sqrt{2M_1 M_2}}, \quad b = M_1(k_y + k) + M_2 k,$$

$$c = [M_1(k + k_y)]^2 + (M_2 k)^2 + 2M_1 M_2 k(k - k_y)$$

忽略参数 k_{1y} 后, 得到 $\omega_1 = \omega_0$; 由上式可知水平椭圆振动筛系统的两个频率, 且 $\omega_2 < \omega_1 = \omega_0$; 调整电机的运转频率使其小于水平椭圆振动筛系统的固有频率 ω_0 实现振动筛的亚共振工作。

一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛及其参数确定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及振动筛分装置技术领域,尤其涉及一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛及其参数确定方法。

背景技术

[0002] 现阶段振动筛的技术已经逐步趋于成熟,广泛应用于砂石骨料行业,以及矿山,钢厂,食品,化工,石油,隧道工程等,实现对各类物料的分级。因此,振动筛的种类也有很多,包括以单频驱动的方式进行筛分的振动筛、采用单质体远超共振技术的振动筛等等,但这些振动筛都存在着不同的缺陷。例如,CN102744203A中单质体振动筛的工作频率远超共振频率,所需的激振力较大,因此功耗也随之增大,且当振动筛启动和停机经过共振区时,设备会产生较大的振动,因此会导致机器运行不平稳,容易损坏,减少其使用寿命。从而造成资源的浪费,提高了生产成本。此外,现有的物料筛分方式大多需要多次筛分,才能将不同粒度的物料分开收集,筛分效率低下,筛分后仍有粗细物料混合的情况产生,无法满足生产需要。因此,设计一种振动筛分装置提高筛分质量,并使生产高效进行就是十分必要的了。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题就是提供一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛及其参数确定方法,利用亚共振技术的双质体高频振动细筛,这种双质体高频振动筛能够增加整机的筛分面积、减小能耗以及提高筛分效率。

[0004] 以外质体上的激振器为研究对象,首先建立动力学模型,应用Lagrange方程求出系统的运动微分方程。由于系统为单机驱动,系统本身就很稳定,然后求出主振系统的固有频率。求出内、外质体在x、y方向上的稳态响应,以及内质体的椭圆轨迹方程。最后求出在外激励的作用下系统的高、低阶固有频率,从而来确定机器的工作区间。通过仿真模拟出相应的工作参数以及运动轨迹。

[0005] 本发明的技术方案如下:一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛,包括:激振器5、外质体2、内质体3、剪切弹簧4、隔振弹簧1;隔振弹簧1对称分布连接地基6与外质体2;激振器5包括偏心转子及感应电机,位于外质体2质心处;激振器5绕自身旋转轴线中心旋转,产生激振力,驱动水平椭圆振动筛系统产生振动强度,驱动内质体3实现椭圆运动;内质体包括多个质体,每个质体均通过多个剪切弹簧4连接于外质体3内基座上;所有剪切弹簧4倾斜角度相同;相邻质体间等距。

[0006] 所述外质体2为振动筛机体,内质体3为筛网;剪切弹簧4分布在质体两端;振动筛机体的进料口和出料口以振动筛机体质心原点对称分布。

[0007] 当剪切弹簧4倾角为0-90度时,此时激振器5逆时针旋转,进料口位于振动筛机体右上方,出料口位于振动筛机体左下方;当剪切弹簧倾角为90-180度时,此时激振器5顺时针旋转,进料口位于振动筛机体左上方,出料口位于振动筛机体右下方。

[0008] 一种单机驱动节能型水平椭圆振动筛参数确定方法,包括如下步骤:

[0009] 步骤1,建立动力学模型和系统运动微分方程;

[0010] 设定固定坐标0xy,激振器5的旋转中心为0,其对应相位表示为 φ ;整个水平椭圆振动筛系统有三个自由度,分为x方向的振动,y方向的振动及绕质心的摆动 ψ ;

[0011] 选定x,y, ψ , φ 为广义坐标,基于Lagrange方程,水平椭圆振动筛系统的运动微分方程推导如下:

$$[0012] \quad M_1 \ddot{y}_1 + f_{1y}(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + k(y_1 - y_2) = 0 \quad (1)$$

$$[0013] \quad M_2 \ddot{y}_2 - f_{1y}(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) - k(y_1 - y_2) + f_{2y} \dot{y}_2 + k_y y_2 = m_0 r (\dot{\varphi}^2 \sin \varphi - \ddot{\varphi} \cos \varphi) \quad (2)$$

$$[0014] \quad M \ddot{x} + f_x \dot{x} + k_x x = m_0 r (\dot{\varphi}^2 \cos \varphi + \ddot{\varphi} \sin \varphi) \quad (3)$$

$$[0015] \quad J \ddot{\psi} + f_\psi \dot{\psi} + k_\psi \psi = 0 \quad (4)$$

$$[0016] \quad J_0 \ddot{\varphi} + f_0 \dot{\varphi} = T_0 - m_0 r (\ddot{y}_2 \cos \varphi - \ddot{x} \sin \varphi) \quad (5)$$

[0017] 其中;

$$[0018] \quad M_1 = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n, M_2 = m_0 + m_v, M = M_1 + M_2$$

$$[0019] \quad J = M l_e^2 = J_m + m_0 r^2, \quad J_0 \ddot{\varphi} = m_0 r^2, \quad k_\psi = \frac{1}{2} (k_x l_y^2 + k_y l_x^2),$$

$$[0020] \quad f_\psi = \frac{1}{2} (f_x l_y^2 + f_y l_x^2), \beta = 0^\circ - 90^\circ$$

$$[0021] \quad l_x = l_1 \cdot \cos \beta, l_y = l_2 \cdot \cos \beta$$

[0022] 式中,M为水平椭圆振动筛系统总质量; m_v 为外质体质量; m_0 为激振器的偏心转子质量; m_i 为筛网的质量, $i=1,2,3 \dots n$;J为整个水平椭圆振动筛系统的转动惯量; J_0 为激振器的转动惯量; J_m 为内质体、外质体及激振器感应电机的转动惯量; l_e 为水平椭圆振动筛系统当量回转半径;r为激振器的偏心距; f_0 为感应电机的轴阻尼系数; T_0 为感应电机的电磁输出转矩; β 为剪切弹簧的安装角度; k_x, k_ψ 分别为水平椭圆振动筛系统在x和 ψ 方向上的弹簧刚度; k, k_y 分别为内质体和外质体在y方向的弹簧刚度; f_x, f_ψ 分别为水平椭圆振动筛系统在x和 ψ 方向上的阻尼系数; f_{1y}, f_{2y} 分别为内质体、外质体在y方向的阻尼系数; l_1 为隔振弹簧6与外质体连接点到振动筛质心的直线距离; l_2 为隔振弹簧1与外质体连接点到振动筛质心的水平距离; β 为剪切弹簧倾斜角度; $(\dot{\bullet})$ 为一阶时间导数; $(\ddot{\bullet})$ 为二阶时间导数;

[0023] 步骤2,计算水平椭圆振动筛系统固有频率、稳态响应及轨迹方程;

[0024] 步骤3,计算水平椭圆振动筛系统高阶固有频率、低阶固有频率。

[0025] 所述水平椭圆振动筛系统固有频率、稳态响应及轨迹方程计算如下;

[0026] 在稳态下,方程(2)中不考虑 $\ddot{\varphi}$, k_x 和 k_y 均小于 k ,不考虑外质体的阻尼常数 f_{2y} ;

[0027] 综上所述,式(1)、式(2)简化为

$$[0028] \quad M'_1 \ddot{y}_1 + f_{1y}(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + k(y_1 - y_2) = 0 \quad (6)$$

$$[0029] \quad M'_2 \ddot{y}_2 - f_{1y}(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) - k(y_1 - y_2) = m_0 r \omega_{m0}^2 \sin \varphi \quad (7)$$

[0030] 式中

$$[0031] \quad M'_1 = M_1, M'_2 = M_2 - (k_y / \omega_{m0}^2) \quad \omega_{m0} = \dot{\varphi}$$

[0032] 忽略 k_y ,故

[0033] $M_2' = M_2$

[0034] 整理 (6) (7) 式, 得:

[0035] $M_3 \ddot{y}_3 + f_{1y} \dot{y}_3 + ky_3 = M_4 m_0 r \omega_{m0}^2 \sin \varphi$ (8)

[0036] 式中,

[0037] $M_3 = \frac{M_1' M_2'}{M_1' + M_2'}, M_4 = -\frac{M_1'}{M_1' + M_2'}, y_3 = y_1 - y_2$

[0038] 其中, M_3 为水平椭圆振动筛系统的诱导质量, y_3 为 y_1 、 y_2 的相对位移;

[0039] 根据式 (8) 推出水平椭圆振动筛系统的固有频率 ω_n ;

[0040] $\omega_n = \sqrt{k / M_3} = \sqrt{k(M_1' + M_2') / (M_1' M_2')}$ (9)

[0041] $y_3 = \frac{m_0 / M_2 \cdot (\omega_{m0} / \omega_n)^2 r}{\sqrt{[1 - (\omega_{m0} / \omega_n)^2]^2 + [2\xi(\omega_{m0} / \omega_n)]^2}} \cdot \sin(\varphi - \delta)$ (10)

[0042] 式中,

[0043] $\xi = \frac{f_{1y}}{2\sqrt{kM_3}}, \delta = \arctan\left[\frac{2\xi(\omega_{m0} / \omega_n)}{1 - (\omega_{m0} / \omega_n)^2}\right];$

[0044] 由上式可知, 当 $\omega_{m0} / \omega_n = 1$ 时, 此时水平椭圆振动筛系统共振, 此时 y_{12} 具有极大值, 即此时振幅为

[0045] $Y = \frac{m_0 / M_2}{2\xi} \cdot r$ (11)

[0046] 则水平椭圆振动筛系统在 x 、 y 和 ψ 方向上的绝对运动响应通过传递函数法推导如下:

$$y_s = m_0 \omega_{m0}^2 \sqrt{\frac{\varepsilon_{cj}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2}} r \cdot \sin(\varphi - \gamma_{uy}), \quad s, j, u = 1, 2$$

$$x_1 = -\frac{m_0}{\eta_1 M} r \cdot \cos(\varphi + \gamma_1)$$

$$\psi_1 = -\frac{r_m l_0}{\eta_2 l_e^2} \cdot r \cdot \sin(\varphi + \gamma_2) \quad (12)$$

$$\eta_h = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega_{m0}^2}, \quad \gamma_q = \arctan \frac{2\xi_t(\omega_p / \omega_{m0})}{1 - (\omega_p / \omega_{m0})^2}, \quad h, p, q, t = 1, 2$$

[0047]

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k_x}{M}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{k_\psi}{J}}, \quad \xi_1 = \frac{f_x}{2\sqrt{k_x M}}, \quad \xi_2 = \frac{f_\psi}{2\sqrt{k_\psi M}}$$

$$\varepsilon_a = \omega_{m0}^4 M_1 M_2 - \omega_{m0}^2 M_1 (k + k_{1y}) - \omega_{m0}^2 k M_2 - \omega_{m0}^2 f_{1y} f_{2y} + k k_{1y}$$

$$\varepsilon_b = -\omega_{m0}^3 f_{1y} M_2 - \omega_{m0}^3 M_1 (f_{1y} + f_{2y}) + \omega_{m0} f_{1y} k_{2y} + \omega_{m0} k f_{2y}$$

$$\varepsilon_{c1} = k, \quad \varepsilon_{c2} = k - \omega_{m0}^2 M_1, \quad \varepsilon_d = \omega_{m0} f_{1y}$$

[0048] 当 $\varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d > 0$ 时,

[0049]
$$\gamma_{uy} = \arctan \frac{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} - \varepsilon_b \varepsilon_d}{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d}$$

[0050] 当 $\varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d < 0$ 时,

[0051]
$$\gamma_{uy} = \arctan \frac{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} - \varepsilon_b \varepsilon_d}{\varepsilon_a \varepsilon_{cj} + \varepsilon_b \varepsilon_d} + \pi \quad u, j = 1, 2$$

[0052] 由上可知,内质体在x方向的最大位移为 $\frac{m_0}{\eta_1 M} r$, 在y方向上的最大位移为

[0053]
$$m_0 \omega_{m0}^2 \sqrt{\frac{\varepsilon_{c1}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2}} r \circ$$

[0054] 所述内质体的椭圆轨迹方程为:

[0055]
$$\frac{x_1^2}{\frac{m_0^2}{\eta_1^2 M^2} r^2} + \frac{y_1^2}{\frac{m_0^2}{\omega_{m0}^4} \frac{\varepsilon_{c1}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2} r^2} = 1 \quad (13)$$

[0056] 式中,

[0057]
$$x_1 = -\frac{m_0}{\eta_1 M} r \cdot \cos(\varphi + \gamma_1) - \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad y_1 = m_0 \omega_{m0}^2 \sqrt{\frac{\varepsilon_{c1}^2 + \varepsilon_d^2}{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2}} r \cdot \sin(\varphi - \gamma_{1y})$$

[0058] 式中, x_1, y_1, ψ_1 分别为内质体在x, y, ψ 方向上的绝对运动响应。

[0059] 所述计算水平椭圆振动筛系统高阶固有频率、低阶固有频率具体为;

[0060] 由式(1)和式(2)得到水平椭圆振动筛系统的特征值方程和两个对应的高阶固有频率、低阶固有频率分别表示为

$$[0061] \quad (k - \omega^2 M_1)(k + k_y - \omega^2 M_2) - k^2 = 0 \quad (14) \text{ 解得,}$$

$$\omega_1 = a\sqrt{b + \sqrt{c}}, \quad \omega_2 = a\sqrt{b - \sqrt{c}};$$

$$[0062] \quad \text{式中, } a = \frac{1}{\sqrt{2M_1M_2}}, b = M_1(k_y + k) + M_2k, c = [M_1(k + k_y)]^2 + (M_2k)^2 + 2M_1M_2k(k - k_y);$$

[0063] 忽略参数 k_{ly} 后,得到 $\omega_1 = \omega_0$;由上式可知水平椭圆振动筛系统的两个频率,且 $\omega_2 < \omega_1 = \omega_0$;调整电机的运转频率使其小于水平椭圆振动筛系统的固有频率 ω_0 实现振动筛的亚共振工作。

[0064] 本发明的有益效果:

[0065] (1) 本发明采用的是单机驱动的双质体水平椭圆振动筛,具有独一无二的高效和工作性能,双质体振动筛与传统的直接驱动设计相比,双质体驱动系统在相同的条件下可以使筛网的运动幅度更大,从而能够更好地降低功耗。此外,椭圆运动的筛分运动相对于水平的筛分运动来说具有更高的筛分效率。此外,可以根据需求设置不同数量的不同粒度的筛网来实现多粒度同时筛分的工作,也提高了工作效率;

[0066] (2) 本发明的亚共振双质体振动筛,由于采用了亚共振技术,振动频率小于振动系统的固有频率,设备工作时发生亚共振,与单质体振动筛相比,所需的激振力较小,功耗低。启动、停机过程不经过高阶共振区,降低了对机器的损伤,使用寿命更长;

[0067] (3) 通过设置的激振剪切橡胶弹簧和隔振弹簧,能够实现用很小的激振力驱动更大型的筛体,通过激振弹簧系统放大工作振幅,并且不会随着物料负荷的变化而影响筛分性能的发挥,隔振弹簧不仅能够支承振动源箱体,而且能减小传给基础或结构架的动载荷。

附图说明

[0068] 图1为水平椭圆振动筛系统动力学模型图。

[0069] 图中:1.隔振弹簧;2.外质体;3.内质体;4.剪切弹簧;5.激振器;6.地基。

[0070] 图中各参数含义:0——整个系统的中心; φ ——激振器旋转相位角; m_0 ——激振器的质量; r ——激振器的偏心距; k_x ——x方向上弹簧刚度系数; k_y ——y方向上弹簧刚度系数; k ——剪切橡胶弹簧的刚度; β ——剪切橡胶弹簧的倾斜角度; n ——筛网的数量。

[0071] 图2(a)为电机转速仿真结果图;

[0072] 图2(b)为内、外质体的运动轨迹仿真结果图;

[0073] 图2(c)为内、外质体y方向位移仿真结果图;

[0074] 图2(d)为外质体x方向位移仿真结果图。

具体实施方式

[0075] 以下结合附图和具体实施例详细描述本发明的技术方案。

[0076] 如图1所示,激振器5由电机驱动偏心转子构成,布置于振动筛机体的质心处;激振器5工作时以固定的速度转动。激振器5与振动筛机体相连,从而使其产生圆周运动;内部筛网3通过倾斜一定角度的剪切橡胶弹簧4固定在外箱体上,可以根据不同使用需求布置不

同数量的筛网3,每个筛网3之间的距离是相等的,且在竖直方向上对称分布,以保持整体平衡。振动筛的进料口位于外部筛网2的右上侧,出料口位于外部筛网2的左下侧。隔振弹簧1共有4个,前后左右安装在外部箱体2底部,将外部箱体2安装在基础6上。

[0077] 激振器工作时为逆时针旋转,故外部箱体的运动方向与之相同,由于连接筛网和箱体的剪切橡胶弹簧有一定的角度从而使内部筛网的运动为椭圆运动,且由于运动方向的原因,使物料在筛分的过程中自动向左侧移动,从而进、出料口的布置位置也确定下来。

[0078] 双质体具有两个固有频率,此振动筛的工作区间设置在两个固有频率之间,从而实现亚共振工作的目的,激振器旋转一周,筛网完成一次筛分运动,通过改变驱动电机的参数实现激振器的亚共振运动,即振动筛的亚共振运动。

[0079] 由于是双质体振动筛,因此在外激励的作用下会产生两个固有频率,为了实现亚共振,故将振动筛的工作区间选择在高、低阶固有频率之间来达到亚共振的目的。此外,由于是单机驱动,系统本身就很稳定,因此不用考虑系统的稳定性。

[0080] 为了进一步分析系统特性,对其进行数值分析。

[0081] 系统参数设定如下: $m_1+m_2+\dots+m_n=350\text{kg}$, $m=700\text{kg}$, $m_0=20\text{kg}$, $J=500\text{kg}\cdot\text{m}^2$, $k_x=k_y=550\text{kN/m}$, $k=11800\text{kN/m}$, $k_\psi=450\text{kN/rad}$, $f_x=f_y=6.27\text{kN}\cdot\text{s/m}$, $f_\psi=5.20\text{kN}\cdot\text{s/rad}$, $r=0.15\text{m}$ 。根据上述参数以及参数确定方法,可以得到系统固有频率为: $\omega_x=\omega_y=224.89\text{rad/s}$,电机类型:三相鼠笼式,50Hz,380V,6-pole,0.75kW,额定转速980r/min。

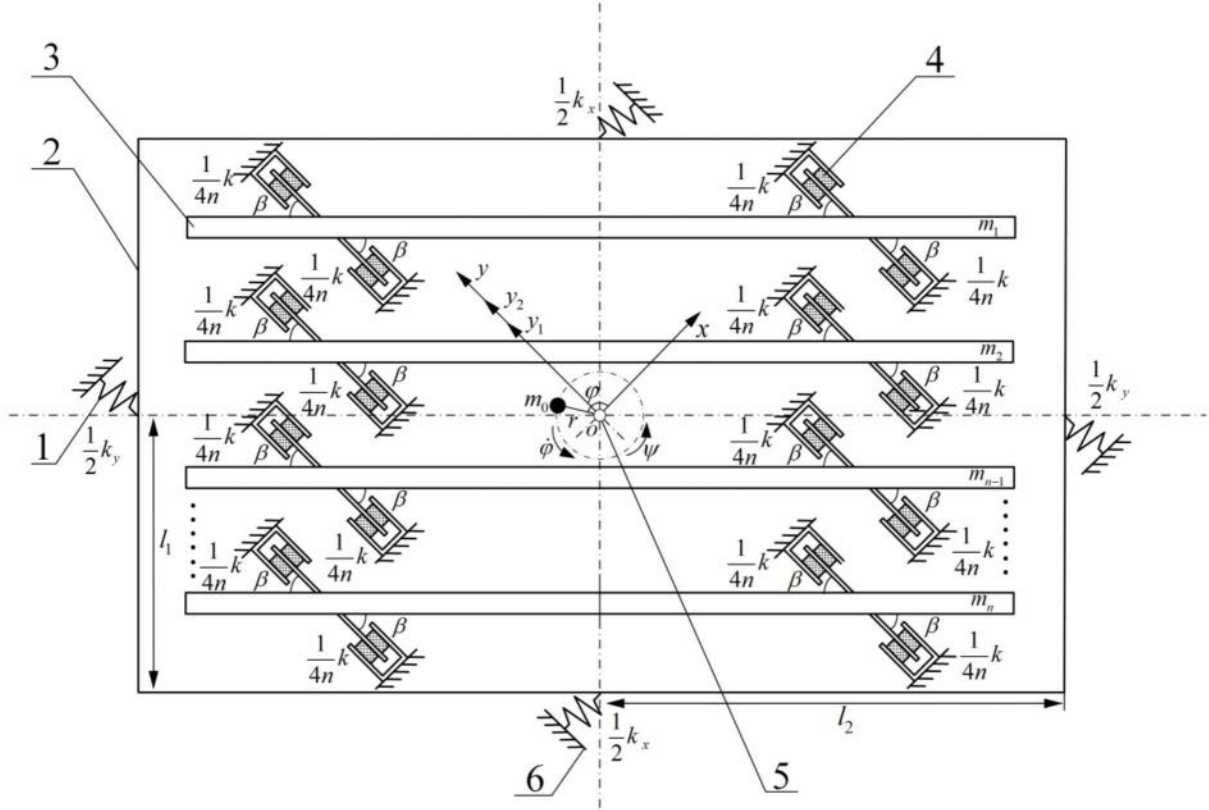


图1

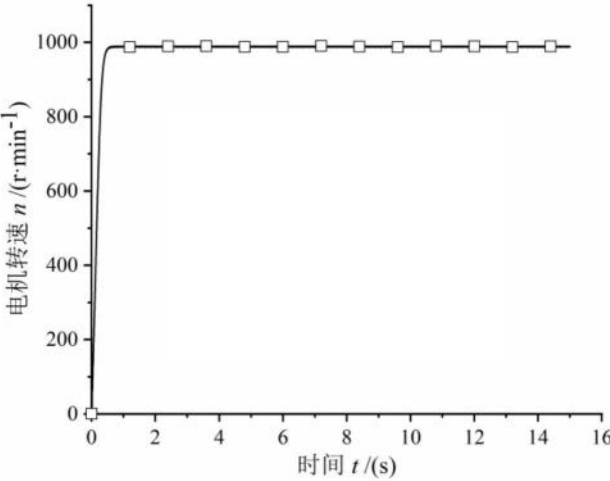


图2(a)

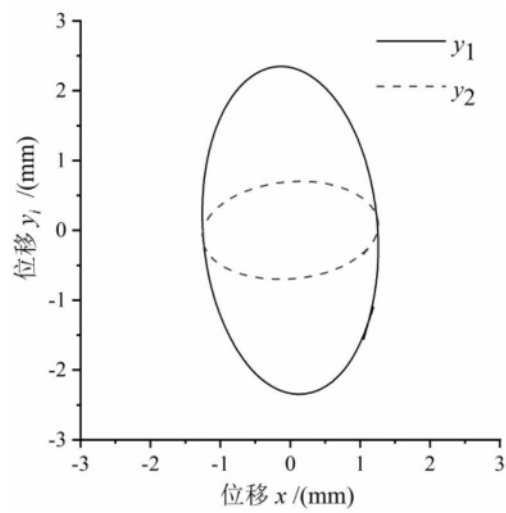


图2(b)

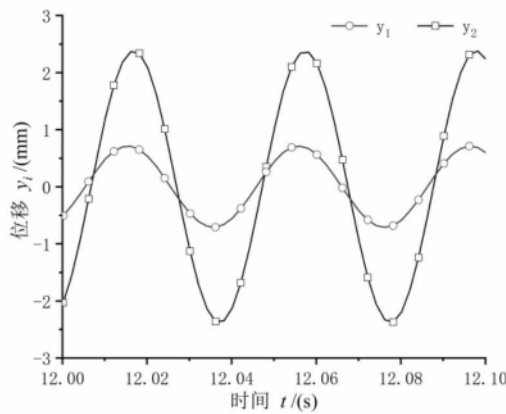


图2(c)

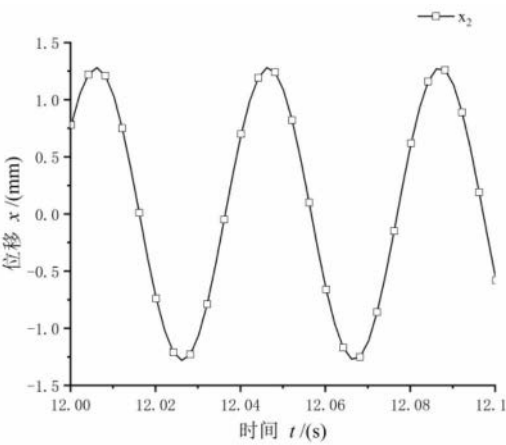


图2(d)