



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106975938 A

(43)申请公布日 2017. 07. 25

(21)申请号 201710374120.1

(22)申请日 2017.05.24

(71)申请人 沈机集团昆明机床股份有限公司

地址 650203 云南省昆明市茨坝路23号

(72)发明人 崔岗卫 尹亮 张楠 王全宝

赵建华 孙薇 寸花英

(74)专利代理机构 北京商专永信知识产权代理

事务所(普通合伙) 11400

代理人 方挺 时寅

(51)Int.Cl.

B23Q 1/72(2006.01)

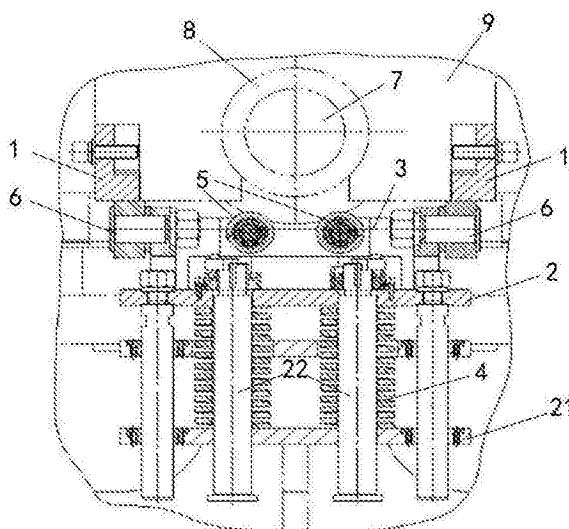
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

### (54)发明名称

无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置

### (57)摘要

本申请提供一种无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置,包括:设置于移动部件底面上的曲面压板;固定设置于机床床身上且位于所述滚珠丝杠下方的架体;和所述架体通过弹性部件连接的连接板,以使所述连接板能够朝向或远离所述架体运动;设置于所述连接板上的用于从所述滚珠丝杠下方对其进行支撑的第一滚轮;设置于所述连接板上的第二滚轮。该辅助支撑装置的曲面压板和第二滚轮处于非接触状态时,所述弹性部件处于舒张状态,所述第一滚轮和所述滚珠丝杠相互接触,以支撑所述滚珠丝杠;当二者处于接触状态时,所述弹性部件处于压缩状态,所述第二滚轮在相互接触的过程中始终无速度的突变,也无加速度的突变,所述第一滚轮未和所述丝杠螺母相互接触。



1. 无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 所述滚珠丝杠具有设置在丝杠螺母上且跟随所述丝杠螺母同步直线运动的移动部件, 其特征在于, 包括:

设置于所述移动部件底面上的曲面压板;

固定设置于机床床身上且位于所述滚珠丝杠下方的架体;

和所述架体通过弹性部件连接的连接板, 以使所述连接板能够朝向或远离所述架体运动;

设置于所述连接板上的用于从所述滚珠丝杠下方对其进行支撑的第一滚轮;

设置于所述连接板上的第二滚轮, 所述曲面压板和所述第二滚轮具有非接触状态和接触状态:

当二者处于非接触状态时, 所述弹性部件处于舒张状态, 所述第一滚轮和所述滚珠丝杠相互接触, 以支撑所述滚珠丝杠;

当二者处于接触状态时, 所述弹性部件处于压缩状态, 所述第二滚轮在相互接触的过程中始终无速度的突变, 也无加速度的突变, 所述第一滚轮未和所述丝杠螺母相互接触。

2. 根据权利要求1所述的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 其特征在于:

所述曲面压板和所述第二滚轮由非接触状态进入接触状态或者由接触状态进入非接触状态时, 所述第一滚轮在朝向或远离所述架体方向的运动速度和加速度均无突变。

3. 根据权利要求1所述的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 其特征在于:

所述第一滚轮的旋转方向和所述滚珠丝杠的旋转方向相反;

所述第二滚轮的旋转方向和所述丝杠螺母的移动方向相同。

4. 根据权利要求3所述的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 其特征在于:

所述架体包括底板和竖直设置在所述底板上的导向柱;

所述弹性部件的一部分套设于所述导向柱上, 其另一部分和所述连接板固定连接。

5. 根据权利要求4所述的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 其特征在于:

所述导向柱至少具有两个, 且对称地分布在所述底板上;

所述第一滚轮具有两个, 当所述第一滚轮和所述滚珠丝杠相互接触时, 其对称的分布于所述滚珠丝杠的左下侧和右下侧;

所述第二滚轮具有两个, 其对称地布置于所述连接板的两端。

6. 根据权利要求1所述的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 其特征在于:

所述第二滚轮的压缩行程为A毫米;

所述曲面压板沿运动方向的长度为B毫米、运动速度为D米/分钟, 则所述第二滚轮沿所述曲面压板的运动时间为 $T = (60 \times B) / (1000 \times D)$  秒;

根据边界条件 (1)  $t=0$  时,  $z=0, \dot{z}=0, \ddot{z}=0$ ; (2)  $t=T$  时,  $z=A, \dot{z}=0, \ddot{z}=0$ ; (3) 滚轮沿x向为匀速直线运动  $x = \frac{1000 \times D \times t}{60}$ , 其中,  $z$  表示所述第二滚轮的位移;  $\dot{z}$  表示所述第二滚轮的运动速度;  $\ddot{z}$  表示所述第二滚轮的运动加速度;

则所述曲面压板的理论曲面满足轨迹方程:

$$z = 6A \times B^{-5} \times x^5 - 15A \times B^{-4} \times x^4 + 10A \times B^{-3} \times x^3。$$

7. 根据权利要求1所述的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置, 其特征在于:

所述第二滚轮的中心点在曲面压板的理论轨迹线上, 坐标为 $P(x, z)$ 、半径为R, 所述曲

面压板的工作曲面上对应点的坐标为P' (x' ,z' ),则所述曲面压板的工作曲面满足下列关系:

$$\begin{cases} x' = x + R \frac{dz/dx}{\sqrt{1 + (dz/dx)^2}} \\ z' = z - R \frac{1}{\sqrt{1 + (dz/dx)^2}} \end{cases} \quad \bullet$$

## 无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及数控机床领域,特别涉及一种用于长跨距滚珠丝杠的辅助支撑装置。

### 背景技术

[0002] 滚珠丝杠作为一种螺旋传动装置具有精密、高效、平稳、长寿命等优点,其可将直线运动与回转运动相互转换,同时还具有力的放大作用,即将小的旋转力(力矩)放大成为大的推力,因此被广泛应用在高档数控机床。但当滚珠丝杠超过5m时(例如龙门镗铣加工中心的X直线进给轴),滚珠丝杠将会由于自身重力或者旋转时较大的惯性力作用而产生较大的变形,从而导致丝杠副运动时产生明显的抖动和噪声,不仅会缩短支撑轴承和丝杠本身的使用寿命,而且还会降低机床运动精度和加工精度,影响机床的使用。

[0003] 如图1所示,一般的斜面压板的倾角为 $\alpha$ ,压板斜面触碰第二滚轮时总会产生一定的冲击,冲击主要发生在滚轮与压板斜面即将接触和脱离接触时的瞬间。设压板随丝杠螺母做直线运动的方向为x,压板的运动速度为D米/分钟,滚轮的运动方向为z,假设滚轮的压缩行程为A毫米,滚轮和压板在 $t_1$ 时刻开始接触,此时压板运动到位置 $x_1$ 处,滚轮在z向的位移为0;在 $t_2$ 时刻压板运动到位置 $x_2$ 处,此时滚轮被压缩到极限位置,即滚轮在z向的位移为A;在 $t_3$ 时刻滚轮开始释放,并与压板的斜面开始接触,此时压板运动到位置 $x_3$ 处;在 $t_4$ 时刻滚轮开始脱离压板,此时压板运动到位置 $x_4$ 处,滚轮在z向的位移恢复为零。滚轮相对于压板在x向的运动可用如下方程表示:

$$[0004] \quad z = (1000/60) \times D \times t$$

[0005] 滚轮相对于压板在z向的运动可用如下方程表示:

$$[0006] \quad z = \begin{cases} 0, & t \leq t_1 \\ (t - t_1) \times \tan\alpha, & t_1 < t \leq t_2 \\ A, & t_2 < t \leq t_3 \\ (t_4 - t) \times \tan\alpha, & t_3 < t \leq t_4 \\ 0, & t > t_4 \end{cases}$$

[0007] 联立上面两式即可得到斜面压板的轨迹方程。上式滚轮相对于压板在z向的运动对t分别求一次和二次导数,可得滚轮相对于压板在z向运动的速度和加速度方程为:

$$[0008] \quad \dot{z} = \begin{cases} 0, & t < t_1 \\ \tan\alpha, & t_1 < t < t_2 \\ 0, & t_2 < t < t_3 \\ -\tan\alpha, & t_3 < t < t_4 \\ 0, & t > t_4 \end{cases}$$

$$[0009] \quad \ddot{z} = \begin{cases} 0, & t < t_1 \\ 0, & t_1 < t < t_2 \\ 0, & t_2 < t < t_3 \\ 0, & t_3 < t < t_4 \\ 0, & t > t_4 \end{cases}$$

[0010] 将上述滚轮相对于压板在z向的运动位移、速度、加速度绘制成曲线如图2所示,可以看出在 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 时刻 $z$ 不可导,即位移连续,速度有突变,理论上加速度为无穷大,产生无穷大的惯性力,机构将产生极大的冲击,此冲击即为刚性冲击。为减小或消除冲击,需要寻求新的方法来对压板进行设计。

## 发明内容

[0011] 鉴于现有技术中存在的冲击问题,本发明提供一种无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置,所述滚珠丝杠具有设置在丝杠螺母上且跟随所述丝杠螺母同步直线运动的移动部件,其特征在于,包括:

[0012] 设置于所述移动部件底面上的曲面压板;

[0013] 固定设置于机床床身上且位于所述滚珠丝杠下方的架体;

[0014] 和所述架体通过弹性部件连接的连接板,以使所述连接板能够朝向或远离所述架体运动;

[0015] 设置于所述连接板上的用于从所述滚珠丝杠下方对其进行支撑的第一滚轮;

[0016] 设置于所述连接板上的第二滚轮,所述曲面压板和所述第二滚轮具有非接触状态和接触状态;

[0017] 当二者处于非接触状态时,所述弹性部件处于舒张状态,所述第一滚轮和所述滚珠丝杠相互接触,以支撑所述滚珠丝杠;

[0018] 当二者处于接触状态时,所述弹性部件处于压缩状态,所述第二滚轮在二者相互接触的过程中始终无速度的突变,也无加速度的突变,所述第一滚轮未和所述丝杠螺母相互接触。

[0019] 本发明在连接板与架体之间设置有弹性部件,一般工作状态下,在弹簧回复力的作用下使得固定在连接板上的第一滚轮和滚珠丝杠充分接触,起到辅助支撑的作用。当丝杠螺母即将通过辅助支撑装置时,第二滚轮在曲面压板的作用下连同连接板和第一滚轮一起向着远离丝杠的方向运动,弹性部件被压缩,第一滚轮脱离与滚珠丝杠,使丝杠螺母顺利、平稳地通过辅助支撑装置。丝杠螺母通过辅助支撑装置之后,第二滚轮沿曲面压板逐渐恢复至初始状态,弹性部件逐渐恢复至舒张状态,使得第一滚轮重新恢复对丝杠支撑。第二滚轮和曲面压板的接触过程中始终无速度的突变(无刚性冲击),也无加速度的突变(无柔性冲击)。

[0020] 在本发明的一些实施方式中,所述曲面压板和所述第二滚轮由非接触状态进入接触状态或者由接触状态进入非接触状态时,所述第一滚轮在朝向或远离所述架体方向的运动速度和加速度均无突变。

[0021] 在本发明的一些实施方式中,所述第一滚轮的旋转方向和所述滚珠丝杠的旋转方向相反;所述第二滚轮的旋转方向和所述丝杠螺母的移动方向相同。

[0022] 在本发明的一些实施方式中,所述架体包括底板和竖直设置在所述底板上的导向柱;所述弹性部件的一部分套设于所述导向柱上,其另一部分和所述连接板固定连接。

[0023] 本实施方式中的弹性部件可以采用弹簧,以实现的机械式滚珠丝杠辅助支撑装置,无需电气、液压或气动控制,且可通过增加调整垫实现弹簧压缩力大小的灵活调节。

[0024] 在本发明的一些实施方式中,所述导向柱至少具有两个,且对称地分布在所述底板上;所述第一滚轮具有两个,当所述第一滚轮和所述滚珠丝杠相互接触时,其对称的分布于所述滚珠丝杠的左下侧和右下侧;所述第二滚轮具有两个,其对称地布置于所述连接板的两端。

[0025] 在本发明的一些实施方式中,所述第二滚轮的压缩行程为A毫米;所述曲面压板沿运动方向的长度为B毫米、运动速度为D米/分钟,则所述第二滚轮沿所述曲面压板的运动时间为 $T = (60 \times B) / (1000 \times D)$ 秒;根据边界条件(1)  $t=0$ 时,  $z=0$ ,  $\dot{z}=0$ ,  $\ddot{z}=0$ ; (2)  $t=T$ 时,  $z=A$ ,  $\dot{z}=0$ ,  $\ddot{z}=0$ ; (3) 滚轮沿x向为匀速直线运动 $x = (1000 \times D \times t) / 60$ ,其中,z表示所述第二滚轮的位移; $\dot{z}$ 表示所述第二滚轮的运动速度; $\ddot{z}$ 表示所述第二滚轮的运动加速度;

[0026] 则所述曲面压板的工作曲面满足轨迹方程:

$$[0027] \quad z = 6A \times B^{-5} \times x^5 - 15A \times B^{-4} \times x^4 + 10A \times B^{-3} \times x^3。$$

[0028] 本实施方式借鉴凸轮设计原理,根据无冲击时位移、速度、加速度的约束条件求出压板的曲面方程。

[0029] 在本发明的一些实施方式中,所述第二滚轮的中心点在曲面压板的理论轨迹线上,坐标为P(x,z)、半径为R,所述曲面压板的工作曲面上对应点的坐标为P'(x',z'),则所述曲面压板的工作曲面满足下列关系:

$$[0030] \quad \begin{cases} x' = x + R \frac{dz/dx}{\sqrt{1 + (dz/dx)^2}} \\ z' = z - R \frac{1}{\sqrt{1 + (dz/dx)^2}} \end{cases}。$$

[0031] 本实施方式采用解析法得到压板曲面方程。

## 附图说明

[0032] 图1为一般斜面压板运动关系示意图;

[0033] 图2为一般斜面压板滚珠丝杠辅助支撑装置运动的位移、速度、加速度曲线图;

[0034] 图3为本发明一实施方式中提供无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置的结构示意图;

[0035] 图4为曲面压板的结构示意图;

[0036] 图5为第二滚轮沿z向运动的位移z、速度 $\dot{z}$ 和加速度 $\ddot{z}$ 曲线图。

## 具体实施方式

[0037] 为了使发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合附图和具体实施例对发明作进一步详细的说明。虽然附图中显示了本公开示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够

更透彻的理解本发明,并且能够将本发明的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0038] 如图3所示,本发明一实施方式提供的无冲击滚珠丝杠辅助支撑装置,其主要包括曲面压板1、架体2、连接板3、弹性部件4、第一滚轮5、第二滚轮6。所述滚珠丝杠7具有设置在丝杠螺母8上且跟随所述丝杠螺母8同步直线运动的移动部件9,即该移动部件9随丝杠螺母8的转动而沿着滚珠丝杠7直线运动。

[0039] 曲面压板1设置在移动部件9的底面上。架体2固定地设置于机床床身上且位于丝杠螺母8的下方。连接板3通过弹性部件4和架体2连接,以使得连接板3能够朝向或者远离架体2运动。第一滚轮5设置于连接板3上,其在常态下能够从下方对滚珠丝杠7进行支撑。第二滚轮6设置于连接板3上,其可以被曲面压板1挤压,进而推动连接板3向下运动。

[0040] 工作时,上述曲面压板1和第二滚轮6具有非接触状态和接触状态,当二者处于非接触状态时,弹性部件4处于舒张状态,第一滚轮5和滚珠丝杠7相互接触,以实现对于滚珠丝杠7的支撑。当二者处于接触状态时,曲面压板1压迫第二滚轮6推动连接板3向下运动,弹性部件4处于压缩状态,第一滚轮5不再和滚珠丝杠7相互接触,在此状态下,无论第二滚轮6移动至曲面压板1的任何位置,其对于曲面压板1所产生的支撑力在竖直方向和水平方向上的分量均无突然变化(无突变),即第二滚轮6在此过程中始终无速度的突变且无加速度的突变,以此克服了现有技术中该力的竖直分量或者水平分量的无限或者有限突变而造成的刚性冲击或者柔性冲击。

[0041] 设所述第二滚轮6的压缩行程为A(mm),所述曲面压板1沿运动方向的长度为B(mm),运动速度为D(m/min)时,则曲面压板1的运动时间 $T = (60 \times B) / (1000 \times D)$  (s),为避免刚性冲击和柔性冲击选用五次多项式(也可选用正弦加速度运动规律,即摆线运动规律,求解方法类似)为第二滚轮6沿z向(如图3所示的竖直方向)的运动规律,根据边界条件:(1)  $t = 0$ 时,  $z = 0$ ,  $\dot{z} = 0$ ,  $\ddot{z} = 0$ ; (2)  $t = T$ 时,  $z = A$ ,  $\dot{z} = 0$ ,  $\ddot{z} = 0$ ; (3) 滚轮沿x向为匀速直线运动  $x = \frac{1000 \times D \times t}{60}$ ,因此可求出曲面压板1的理论轨迹方程为:

$$[0042] \quad z = 6A \times B^{-5} \times x^5 - 15A \times B^{-4} \times x^4 + 10A \times B^{-3} \times x^3$$

[0043] 对上式进行二次求导可得第二滚轮6沿z向运动的速度和加速度,第二滚轮6沿z向运动的位移z、速度 $\dot{z}$ 和加速度 $\ddot{z}$ 曲线如图5所示,从中可以看出,速度 $\dot{z}$ 在运动过程中均无突变,说明无刚性冲击,同时加速度 $\ddot{z}$ 在运动过程中也无突变,说明亦无柔性冲击。

[0044] 第二滚轮的中心点在曲面压板的理论轨迹线上,坐标为P(x,z)、半径为R,所述曲面压板的工作曲面上对应点的坐标为P'(x',z'),则所述曲面压板的工作曲面满足下列关系:

$$[0045] \quad \begin{cases} x' = x + R \frac{dz/dx}{\sqrt{1 + (dz/dx)^2}} \\ z' = z - R \frac{1}{\sqrt{1 + (dz/dx)^2}} \end{cases}$$

[0046] 上式即为压板工作曲面的方程,由此可得到压板工作曲面上每个点的坐标值,如图4所示。需要注意的是,使用数控机床加工时,刀具半径必须小于或等于滚轮半径R。

[0047] 此外,曲面压板1和第二滚轮6由非接触状态进入接触状态或者由接触状态进入非

接触状态时,第一滚轮5在朝向或远离架体2方向的运动速度和加速度均无突变。

[0048] 在本发明的一些实施方式中,第一滚轮5的旋转方向和滚珠丝杠7的旋转方向相反,第二滚轮6的旋转方向和丝杠螺母8的移动方向相同。

[0049] 在本发明的一些实施方式中,架体2包括底板21和竖直设置在底板21上的导向柱22。弹性部件4采用弹簧,其一部分套设于导向柱22上,其另一部分和连接板3的底面固定连接。导向柱22至少具有两个,且对称地分布在底板21上。第一滚轮5具有两个,当第一滚轮5和滚珠丝杠7相互接触时,其对称的分布于滚珠丝杠7的左下侧和右下侧。第二滚轮6具有两个,其对称地布置于连接板3的两端。

[0050] 最后应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制性的。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,但本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

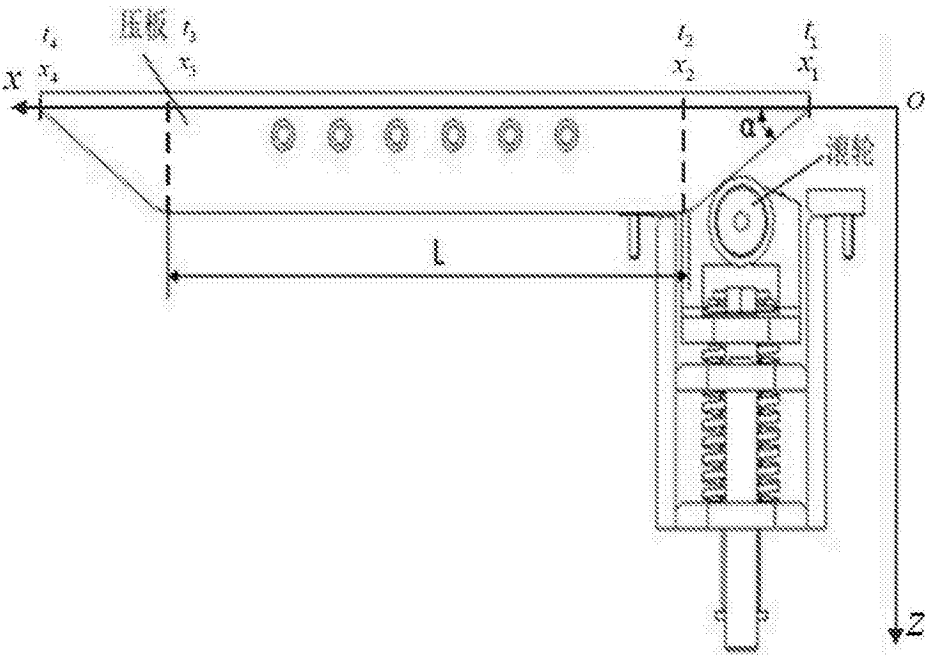


图1

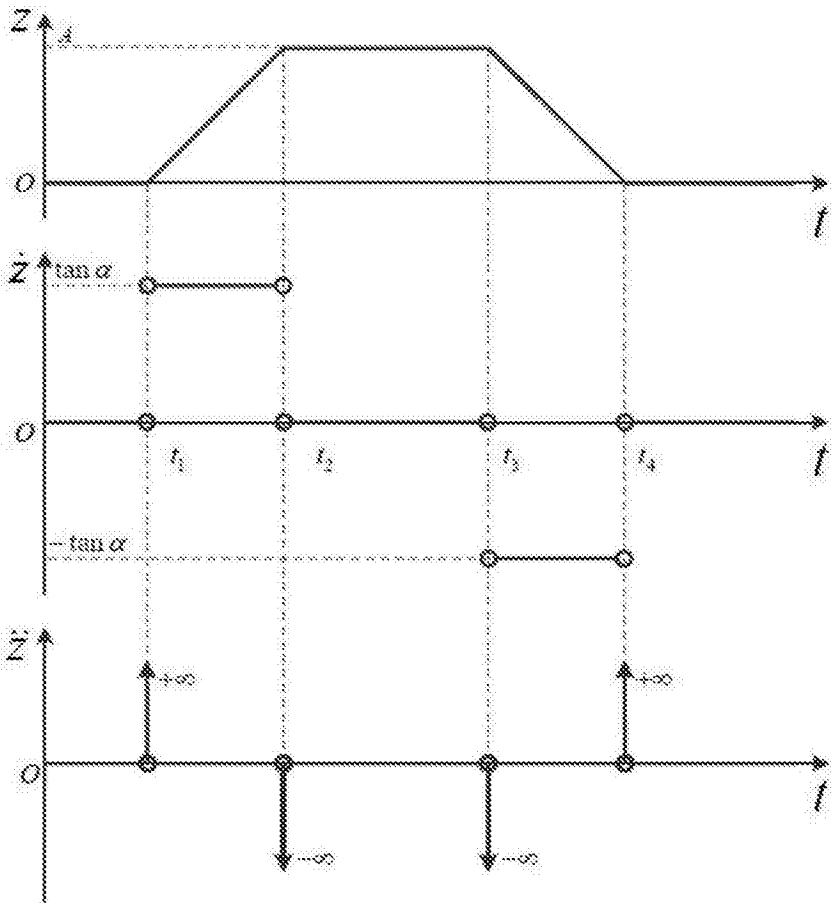


图2

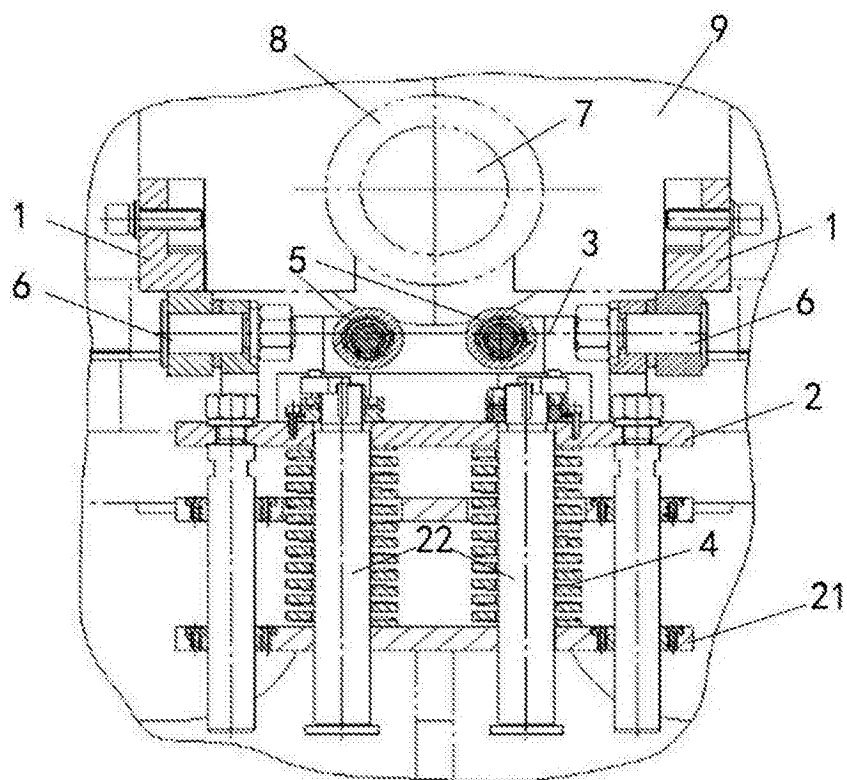


图3

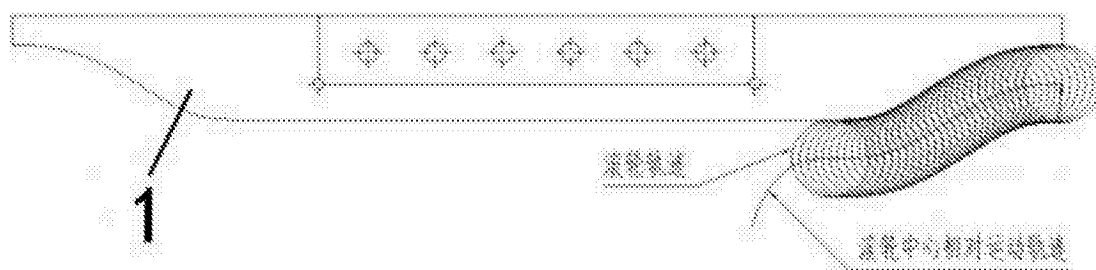


图4

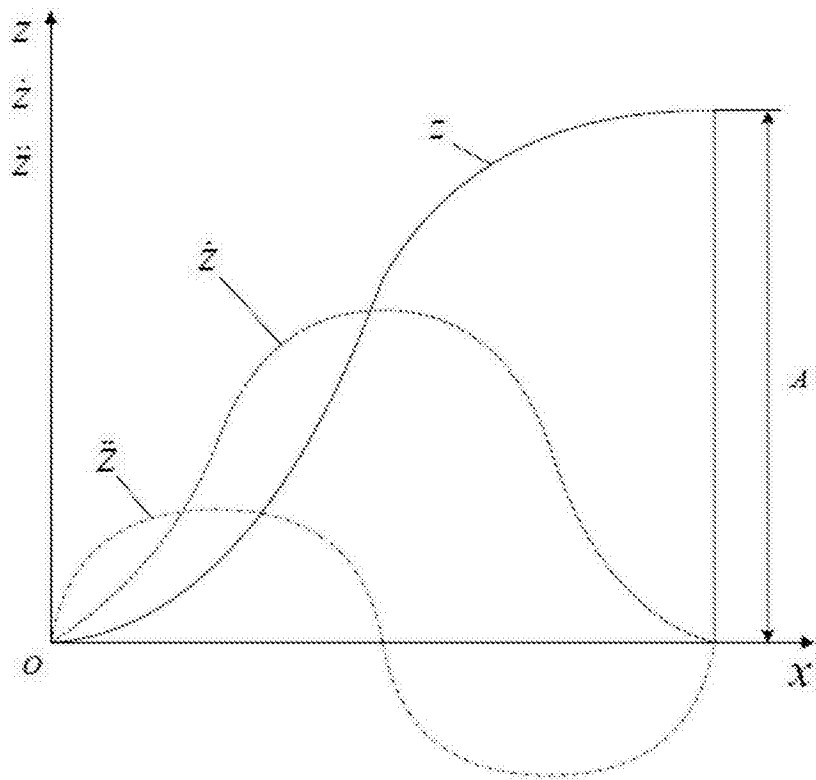


图5