



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109719306 A

(43)申请公布日 2019.05.07

(21)申请号 201711053971.2

(22)申请日 2017.10.31

(71)申请人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区高新园
南区粤兴一道18号香港理工大学产学
研大楼205室

(72)发明人 李荣彬 陈增源 李莉华 袁伟

(74)专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 官建红

(51)Int.Cl.

B23B 1/00(2006.01)

B23B 21/00(2006.01)

B23Q 15/12(2006.01)

B23Q 15/14(2006.01)

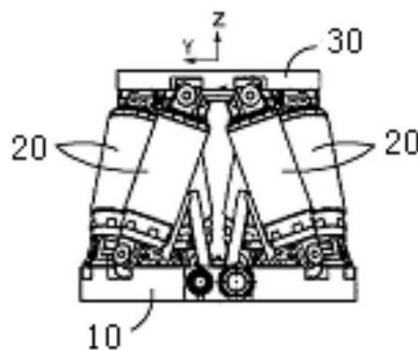
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

针对待加工表面结构的变角度切削方法

(57)摘要

本发明提供了一种针对待加工表面结构的变角度切削方法。该针对待加工表面结构的变角度切削方法包括以下步骤：将待加工工件装夹于工件装夹平台上，并对切削刀具相对于装夹完成的待加工工件进行对刀操作；启动数控控制系统以控制切削刀具在切削加工过程中的走刀轨迹和进给量；在切削加工过程中，数控控制系统根据待加工工件的待加工曲面控制各个伸缩支撑杆之间的伸缩长度，各个伸缩支撑杆伸缩配合以调整切削刀具在切削加工过程中的刀具姿态。应用技术方案提供的针对待加工表面结构的变角度切削方法能够解决现有技术中存在的车床中刀具姿态无法调整以适应加工表面的曲线变化的技术问题。



1. 一种针对待加工表面结构的变角度切削方法,其特征在于,该切削方法应用数控车床对待加工工件进行切削加工,数控车床包括车床安装架、工件装夹平台、数控控制系统、车床刀架,其中,所述车床刀架包括:

固定平台(10),所述固定平台安装于所述车床安装架上;

多个伸缩支撑杆(20),多个所述伸缩支撑杆(20)的第一端呈圆周地连接于所述固定平台(10)上,且各个所述伸缩支撑杆(20)的第一端可活动地连接于所述固定平台(10),各个所述伸缩支撑杆(20)由所述数控控制系统控制进行伸缩操作;

运动平台(30),多个所述伸缩支撑杆(20)的第二端呈圆周地连接于所述运动平台(30)上,且各个所述伸缩支撑杆(20)的第二端可活动地连接于所述运动平台(30),所应用的切削刀具安装于所述运动平台(30)上;

在对待加工工件进行切削加工过程中,包括以下步骤:

将待加工工件装夹于所述工件装夹平台上,并对切削刀具相对于装夹完成的待加工工件进行对刀操作;

启动所述数控控制系统以控制所述切削刀具在切削加工过程中的走刀轨迹和进给量;

在切削加工过程中,所述数控控制系统根据待加工工件的待加工曲面控制各个所述伸缩支撑杆(20)之间的伸缩长度,各个所述伸缩支撑杆(20)伸缩配合以调整所述切削刀具在切削加工过程中的刀具姿态。

2. 如权利要求1所述的针对待加工表面结构的变角度切削方法,其特征在于,在切削加工过程中,所述切削刀具的切削刀刃与所述待加工工件的待加工曲面相垂直。

3. 如权利要求2所述的针对待加工表面结构的变角度切削方法,其特征在于,在切削加工过程中,所述数控控制系统控制各个所述伸缩支撑杆(20)伸缩配合以转动所述运动平台(30),从而转换切削刀具的切削刀刃对待加工工件进行切削加工。

4. 如权利要求1所述的针对待加工表面结构的变角度切削方法,其特征在于,各个所述伸缩支撑杆(20)包括:

固定座筒(21),所述固定座筒(21)连接于所述固定平台(10)上;

移动套筒(22),所述移动套筒(22)的第一端连接于所述运动平台(30)上,所述移动套筒(22)的第二端可沿其中心轴线方向移动地设置于所述固定座筒(21)中;

驱动电机(23),所述驱动电机(23)固定安装于所述固定座筒(21)中,所述驱动电机(23)与所述数控控制系统电连接;

丝杠运动副(24),所述丝杠运动副(24)包括丝杠(241)和套设于所述丝杠(241)上丝杠螺母(242),所述丝杠(241)的端部与所述驱动电机(23)的驱动轴固定连接,且所述移动套筒(22)的第二端固定连接于所述丝杠螺母(242)。

5. 如权利要求4所述的针对待加工表面结构的变角度切削方法,其特征在于,各个所述伸缩支撑杆(20)还包括测量光栅组件(26),所述测量光栅组件(26)与所述数控控制系统电连接,所述测量光栅组件(26)用于测量所述丝杠螺母(242)相对于所述丝杠(241)的直线移动量,并且所述测量光栅组件(26)将所测量的直线运动量反馈至所述数控控制系统。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的针对待加工表面结构的变角度切削方法,其特征在于,所述数控车床还包括工件表面检测装置,所述工件表面检测装置与所述数控控制系统电连接,在切削加工过程中,所述工件表面检测装置检测切削刀具的刀刃切削过的表面轨

迹,且所述工件表面检测装置将检测的表面轨迹的信息传递至所述数控控制系统,并且所述数控控制系统根据所接收的表面轨迹的信息控制各个所述伸缩支撑杆(20)伸缩以调整切削刀具的刀具姿态。

针对待加工表面结构的变角度切削方法

技术领域

[0001] 本发明属于机械加工设备技术领域,更具体地说,是涉及一种针对待加工表面结构的变角度切削方法。

背景技术

[0002] 机床技术是获得高质量的微结构表面、复杂自由曲面加工的关键技术。然而,现有的机床技术在加工工件表面的过程中还存在以下问题:

[0003] 1) 在加工过程中,机床中切削刀具1的姿态无法调整。当加工某些特殊结构或自由曲面时,切削刀具1与待加工工件2的加工表面之间发生干涉,限制了精密机床的制造能力。例如,在加工如图1所示的自由曲面时,如果切削刀具1姿态无法调整,切削刀具1的后刀侧将会破坏已加工的表面。刀具姿态不同于刀具几何参数,不同的刀具姿态对切削特性,表面生成质量的影响尚不明确。明确刀具姿态对切削力和表面生成的研究,将有助于进一步理解切削机理并为切削刀具1的进给路径的优化提供重要参考。

[0004] 2) 当刀具在加工时,刀具会出现磨损,切削刃与工件接触的一小段会出现因磨损而造成的波罗纹,这些波罗纹会降低表面的加工质量,而切削刃上未与工件表面接触的地方并不会出现磨损,因而未与工件表面接触的刀刃部分可以继续用来切削。此时,在现有技术的机床中的刀具,则需要进行人工调整刀具的安装角度并进行重新对刀,费时费力。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种针对待加工表面结构的变角度切削方法,以解决现有技术中存在的车床中刀具姿态无法调整以适应加工表面的曲线变化的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:提供一种针对待加工表面结构的变角度切削方法,该切削方法应用数控车床对待加工工件进行切削加工,数控车床包括车床安装架、工件装夹平台、数控控制系统、车床刀架,其中,车床刀架包括:固定平台,固定平台安装于车床安装架上;多个伸缩支撑杆,多个伸缩支撑杆的第一端呈圆周地连接于固定平台上,且各个伸缩支撑杆的第一端可活动地连接于固定平台,各个伸缩支撑杆由数控控制系统控制进行伸缩操作;运动平台,多个伸缩支撑杆的第二端呈圆周地连接于运动平台上,且各个伸缩支撑杆的第二端可活动地连接于运动平台,所应用的切削刀具安装于运动平台上;在对待加工工件进行切削加工过程中,包括以下步骤:将待加工工件装夹于工件装夹平台上,并对切削刀具相对于装夹完成的待加工工件进行对刀操作;启动数控控制系统以控制切削刀具在切削加工过程中的走刀轨迹和进给量;在切削加工过程中,数控控制系统根据待加工工件的待加工曲面控制各个伸缩支撑杆之间的伸缩长度,各个伸缩支撑杆伸缩配合以调整切削刀具在切削加工过程中的刀具姿态。

[0007] 进一步地,在切削加工过程中,切削刀具的切削刀刃与待加工工件的待加工曲面相垂直。

[0008] 进一步地,在切削加工过程中,数控控制系统控制各个伸缩支撑杆伸缩配合以转

动运动平台,从而转换切削刀具的切削刀刃对待加工工件进行切削加工。

[0009] 进一步地,各个伸缩支撑杆包括:固定座筒,固定座筒连接于固定平台上;移动套筒,移动套筒的第一端连接于运动平台上,移动套筒的第二端可沿其中心轴线方向移动地设置于固定座筒中;驱动电机,驱动电机固定安装于固定座筒中,驱动电机与数控控制系统电连接;丝杠运动副,丝杠运动副包括丝杠和套设于丝杠上丝杠螺母,丝杠的端部与驱动电机的驱动轴固定连接,且移动套筒的第二端固定连接于丝杠螺母。

[0010] 进一步地,各个伸缩支撑杆还包括测量光栅组件,测量光栅组件与数控控制系统电连接,测量光栅组件用于测量丝杠螺母相对于丝杠的直线移动量,并且测量光栅组件将所测量的直线运动量反馈至数控控制系统。

[0011] 进一步地,数控车床还包括工件表面检测装置,工件表面检测装置与数控控制系统电连接,在切削加工过程中,工件表面检测装置检测切削刀具的刀刃切削过的表面轨迹,且工件表面检测装置将检测的表面轨迹的信息传递至数控控制系统,并且数控控制系统根据所接收的表面轨迹的信息控制各个伸缩支撑杆伸缩以调整切削刀具的刀具姿态。

[0012] 在进行车削加工的过程中,当所需加工的待加工曲面变化并且导致刀具的后刀侧与已经加工完毕的加工曲面存在干涉时,通过调整刀具的加工姿态,从而避免运动干涉情况的发生;或者,当刀具因磨损而影响加工曲面的加工质量时,通过调整刀具的刀具姿态,从而转换刀具的未磨损的刀刃对待加工工件进行车削加工,使加工曲面的加工质量得到保证。

附图说明

[0013] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0014] 图1为现有技术的利用车床进行车削曲面的一种切削示意图;

[0015] 图2为现有技术的利用车床进行车削曲面的另一种切削示意图;

[0016] 图3为本发明实施例的针对待加工表面结构的变角度切削方法的第一视角的结构示意图;

[0017] 图4为本发明实施例的针对待加工表面结构的变角度切削方法的第二视角的结构示意图;

[0018] 图5为图4的俯视图;

[0019] 图6为本发明实施例的针对待加工表面结构的变角度切削方法的内部结构的示意图;

[0020] 图7为本发明实施例的针对待加工表面结构的变角度切削方法安装刀具的切削示意图。

[0021] 其中,图中各附图标记:

[0022] 10、固定平台;20、伸缩支撑杆;30、运动平台;21、固定座筒;22、移动套筒;23、驱动电机;24、丝杠运动副;241、丝杠;242、丝杠螺母;25、辅助座体;251、电机安装部;252、运动导向部;2520、导轨;26、测量光栅组件;27、联轴器;1、刀具;101、待加工工件平面;102、加工

曲面。

具体实施方式

[0023] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0024] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。

[0025] 需要理解的是,术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0026] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0027] 如图3至图5所示,本实施例的针对待加工表面结构的变角度切削方法应用于数控车床中对待加工工件进行车削加工,数控车床包括车床安装架、工件装夹平台、数控控制系统与车床刀架,其中,车床刀架包括固定平台10、运动平台30以及多个伸缩支撑杆20,多个伸缩支撑杆20的第一端呈圆周地连接于固定平台10上,且各个伸缩支撑杆20的第一端可活动地连接于固定平台10,各个伸缩支撑杆20由数控控制系统控制进行伸缩操作,多个伸缩支撑杆20的第二端呈圆周地连接于运动平台30上,且各个伸缩支撑杆20的第二端可活动地连接于运动平台30,所应用的切削刀具1安装于运动平台30上。在对待加工工件进行切削加工过程中,该切削方法包括以下步骤:

[0028] 将待加工工件装夹于工件装夹平台上,并对切削刀具1相对于装夹完成的待加工工件进行对刀操作;

[0029] 启动数控控制系统以控制切削刀具1在切削加工过程中的走刀轨迹和进给量;

[0030] 在切削加工过程中,数控控制系统根据待加工工件的待加工曲面控制各个伸缩支撑杆20之间的伸缩长度,各个伸缩支撑杆20伸缩配合以调整切削刀具1在切削加工过程中的刀具姿态,其中刀具姿态包括刀具的有效前角和刀具刀刃上的切削点位置。

[0031] 在车床中,固定平台10用于固定安装在车床的刀具操控装置的安装座上,刀具操控装置即为车床中控制刀具的走刀方向、进给量等参数的动力操控组成部分,即固定平台10安装于车床安装架上,运动平台30则用于直接安装车削加工的切削刀具1。

[0032] 将车床刀架安装至车床安装架上,并且以运动平台30的上表面为基准面建立空间直角坐标系 $0-xyz$,以多个伸缩支撑杆20的第二端在运动平台30上所围成的圆周的圆心为空间直角坐标系 $0-xyz$ 的原点,运动平台30的上表面为 x 轴、 y 轴形成的平面,此时 z 轴垂直于运动平台30的上表面,如图3至5所示。在本实施例中,当固定平台10的上表面与运动平台30的上表面平行时,多个伸缩支撑杆20的第一端在固定平台10上所形成的圆周的圆心与第二

端在运动平台30上所形成的圆周的圆心共轴位于z轴上。如此,在利用安装有本技术方案提供的车床刀架来安装切削刀具1以对待加工工件进行切削加工的过程中,就可以依据上述建立的空间直角坐标系O-xyz进行编程设计,从而应用车床的数控系统进行自动操控加工过程。

[0033] 本技术方案的针对待加工表面结构的变角度切削方法应用于车削加工过程中,通过多个伸缩支撑杆20之间的伸长、缩短的配合操作,使得安装于运动平台30上的切削刀具1具备了空间多自由度运动的能力,从而通过控制多个伸缩支撑杆20之间的不同伸缩长度的配合,便实现了切削刀具1的多姿态调整的能力。在进行车削加工的过程中,当所需加工的待加工曲面变化并且导致切削刀具1的后刀侧与已经加工完毕的加工曲面存在干涉时,通过调整切削刀具1的加工姿态,从而避免运动干涉情况的发生;或者,当切削刀具1因磨损而影响加工曲面的加工质量时,通过调整切削刀具1的加工姿态,从而转换切削刀具1的未磨损的刀刃对待加工工件进行车削加工,使加工曲面的加工质量得到保证。

[0034] 在本实施例中,多个伸缩支撑杆20的第一端在固定平台10上所围成的圆周的直径大于多个伸缩支撑杆20的第二端在运动平台30上所围成的圆周的直径。这样能够保证该车床刀架的支撑强度,并且有利于实现车床装配的小型化设计,并且,这样使得安装切削刀具1的运动平台30的空间体积减小,在车削加工过程中能够更加有效地避让待加工工件,降低发生运动干涉的事故率,确保车床的安全使用。

[0035] 如图3和图5所示,本实施例的车床刀架中的多个伸缩支撑杆20为偶数个,具体为6个,在这6个伸缩支撑杆20中,每两个伸缩支撑杆20为一组,在同一组的两个伸缩支撑杆20的第一端之间的间隔距离小于两者的第二端之间的间隔距离,相邻两组中的相邻的两个伸缩支撑杆20的第二端之间的间隔距离大于两者的第一端之间的间隔距离,若将装配完成的6个伸缩支撑杆20垂直投影在投影面上,则6个伸缩支撑杆20类似于首尾连接的方式圆周地连接成一圈。如此便能合理地将切削刀具1所承受的待加工工件所施加的反作用力均匀且合理地分配至每个伸缩支撑杆20上,进一步优化数控车床设备的受力情况。

[0036] 优选地,本实施例的各个伸缩支撑杆20的第一端通过第一万向铰链与固定平台10连接,各个伸缩支撑杆20的第二端通过第二万向铰链与运动平台30连接。此时,多个伸缩支撑杆20的伸缩配合使得安装在运动平台30上的切削刀具1具有空间六个自由度组合运动的能力,使得切削刀具1的调整姿态的变化组合更加多样,从而能够适应更多不同加工曲面的要求,从而加工出精度高、加工质量好的工件。另外,如图7所示,应用该车床刀架安装车刀(切削刀具1)用以加工曲面(待加工工件的待加工表面)的过程中,能够不断调整切削刀具1的刀具姿态,即在切削加工过程中,切削刀具1的切削刀刃与待加工工件的待加工曲面相垂直,也就是说,此时切削刀具1的切削刀刃与待加工表面之间的刀具的有效前角是 90° ,并结合切削刀具1相对于待加工工件的前进方向和进给方向进行综合姿态调整。与现有技术相比,如图2所示,切削刀具1'的刀具姿态在将待加工工件平面101'加工成加工曲面102'过程中无法适应性调整而导致切削刀具1'的后刀侧与加工曲面102'发生干涉,此时加工曲面102'对切削刀具1'的反作用力 $F_{t'}$ 与切削刀具1'的轴线重合。在本实施例中,利用针对待加工表面结构的变角度切削方法将待加工工件平面101车削加工成加工曲面102的过程中,切削刀具1的后刀侧不再发生与已经加工完成的加工曲面102干涉的情况,很好地保护了加工曲面102的完好高质量。如图7所示,在利用该针对待加工表面结构的变角度切削方法进行

车削加工的过程中,切削刀具1收到的加工曲面102的反作用力此时为合力 F_t ,在沿切削刀具1的轴线方向的分力为 F_{t1} ,在垂直于切削刀具1的轴线方向上的分力为 F_{t2} ,如图7中所示,此时分力 F_{t1} 与合力 F_t 之间的夹角为 θ ,从而方便测量并计算切削刀具1的受力分布。

[0037] 通过预先在数控控制系统中进行编写数控加工程序,然后数控控制系统控制运动平台30的空间运动姿态(即调整切削刀具1的空间姿态)。具体地,如图6所示,各个伸缩支撑杆20包括固定座筒21、移动套筒22、驱动电机23、丝杠运动副24和辅助座体25,其中,丝杠运动副24包括丝杠241和套设于丝杠241上丝杠螺母242,辅助座体25包括电机安装部251和运动导向部252,并且,固定座筒21连接于固定平台10上,辅助座体25固定安装于固定座筒21中,移动套筒22的第一端连接于运动平台30上,移动套筒22的第二端可沿其中心轴线方向移动地设置于固定座筒21中,驱动电机23固定安装于固定座筒21中,实际上,驱动电机23固定安装于电机安装部251,驱动电机23与数控控制系统电连接,丝杠241的端部与驱动电机23的驱动轴通过联轴器27固定连接,且移动套筒22的第二端固定连接于丝杠螺母242,并且丝杠螺母242上设有导向槽,导向槽配合安装于运动导向部252的导轨2520上。数控控制系统控制驱动电机23启动工作以输出动力,此时驱动电机23的驱动端带动丝杠241转动,套在丝杠241上的丝杠螺母242由于受到导轨2520的限制而无法转动,此时丝杠螺母242沿着丝杠241的轴线方向(也是导轨2520的延伸方向)做直线移动,从而带动移动套筒22相对于固定座筒21进行伸出或缩回移动,从而带动运动平台30动作,当若干个伸缩支撑杆20相互协调作用时,此时运动平台30就能够实现空间中六个自由度的任一姿态调整。

[0038] 在调整切削刀具1的刀具姿态的过程中,由于所组成的伸缩支撑杆20的各个组成部分的制造难免存在精度误差,这就无法避免调整姿态后的切削刀具1进行车削加工曲面102会存在加工误差,这是就需要进行刀具补偿操作以减小切削刀具1因调整刀具姿态所引起的加工误差。因此,如图6所示,本实施例的伸缩支撑杆20还包括测量光栅组件26,测量光栅组件26与数控控制系统电连接,测量光栅组件26用于测量丝杠螺母242相对于丝杠241的直线移动量,并且测量光栅组件26将所测量的直线运动量反馈至数控控制系统。当测量光栅组件26将所测量的切削刀具1的调整距离反馈给数控控制系统之后,数控控制系统对调整姿态后的切削刀具1所处的空间直角坐标系 $O-xyz$ 中的位置进行计算,并判断调整姿态后的切削刀具1的实际位置与标准加工精度所要求的标准位置相差多少,然后进行刀具补充操作,从而进一步确保所车削加工的加工曲面102的加工精度质量。

[0039] 在本实施例中,测量光栅组件26连接在丝杠螺母242上,且测量光栅组件26随丝杠螺母242同步运动,从而实现实时移动测量。

[0040] 实际上,为了使数控车床上的切削刀具1所具有的刀具姿态时刻配合所切削加工形成的待加工工件的待加工表面,因此,数控车床还包括工件表面检测装置(未图示),该工件表面检测装置与数控控制系统电连接,在切削加工过程中,工件表面检测装置检测切削刀具的刀刃切削过的表面轨迹,且工件表面检测装置将检测的表面轨迹的信息传递至数控控制系统,并且数控控制系统根据所接收的表面轨迹的信息控制各个伸缩支撑杆20伸缩以调整切削刀具1的刀具姿态。也就是说,数控控制系统根据工件表面检测装置所检测到的待加工工件的表面轨迹信息,并根据预先在数控控制系统写入的数控加工编程程序,在两者对比分析过程中,数控控制系统能够实现对切削刀具1的刀具姿态的自动判断与自动调节,实现数控加工的智能化自主控制。

[0041] 另外,在对待加工工件的待加工表面进行切削加工的过程中,切削刀具1的刀刃与待加工工件进行切削的刀刃部分会出现磨损,切削的刀刃部分的一小段圆弧会出现因磨损造成的波罗纹,这些波罗纹会降低待加工工件的待加工表面的加工质量,而切削刀具1的刀刃的未与待加工工件接触的刀刃部分不会出现磨损,这个未被磨损的刀刃部分可以用于进行切削加工,因此,切削加工过程中,数控控制系统控制各个伸缩支撑杆20伸缩配合以转动运动平台30,从而转换切削刀具1的切削刀刃的未被磨损的刀刃部分对待加工工件进行切削加工,相对于上述所确定的空间直角坐标系 $O-xyz$ 而言,也就是通孔控制各个伸缩支撑杆20的伸缩长度之间的配合,实现切削刀具1绕 y 轴旋转,则可以快速准确地改变切削刀具的切削刀刃上的切削点位置,相对于现有技术中切削刀具无法自主调整而需要人工调整切削刀具的安装角度并重新对到的方式而言,应用本技术方案的切削方法能够节省大量的调整操作时间,大大提高加工生产效率。

[0042] 以上仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

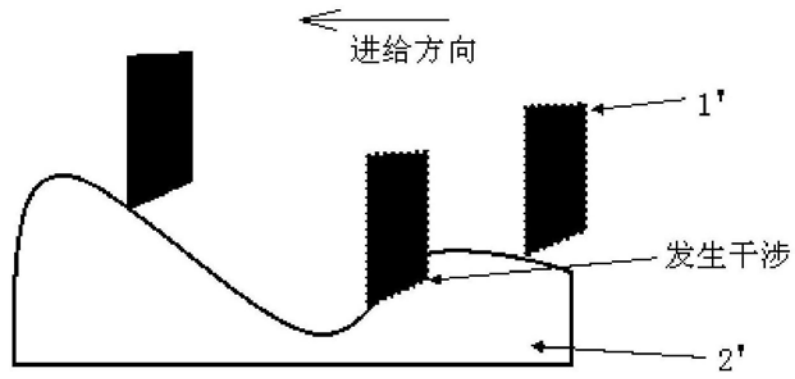


图1

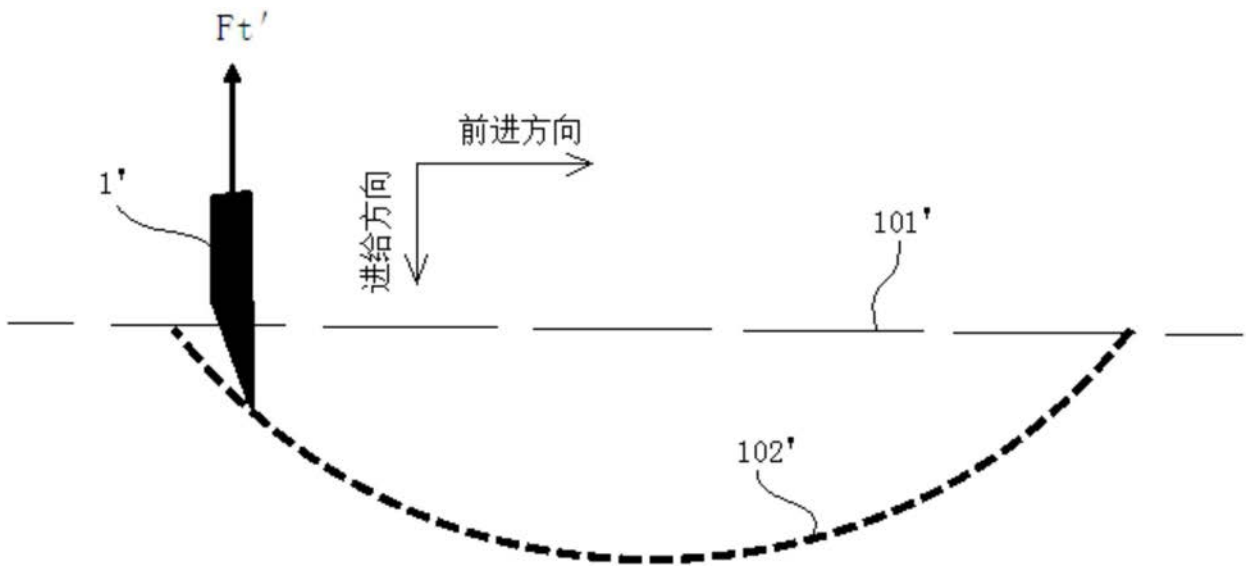


图2

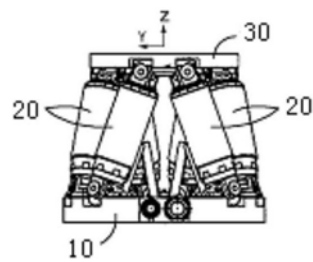


图3

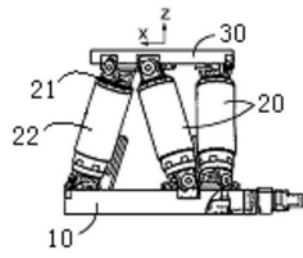


图4

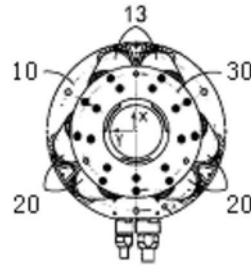


图5

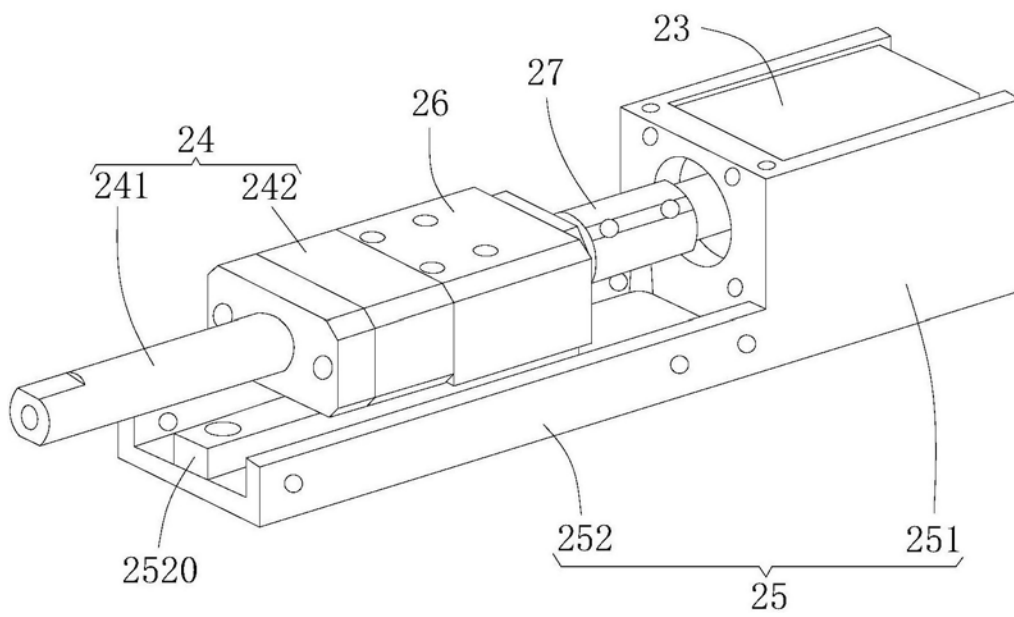


图6

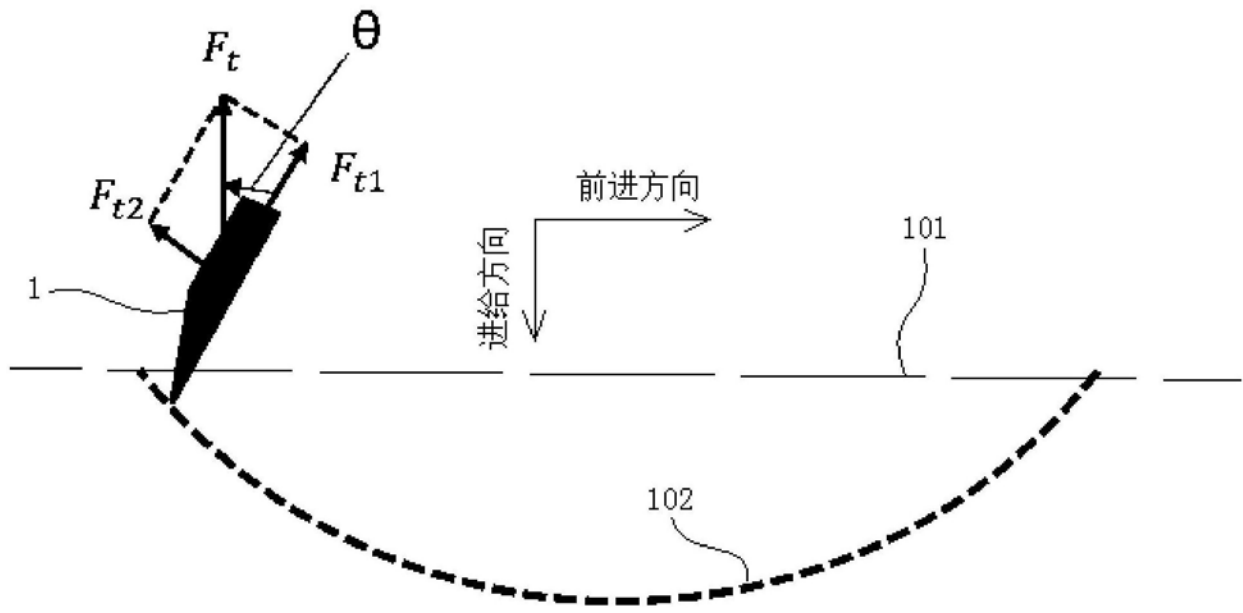


图7