



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103707109 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201310731503. 1

(22) 申请日 2013. 12. 26

(73) 专利权人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 陈志同 陈宇飞 王传彬

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限公司 11232

代理人 王顺荣 唐爱华

张莹, 张定华, 吴海宝, 李山, 罗明. 复杂曲面环形刀五轴加工的自适应刀轴矢量优化方法. 《中国机械工程》. 2008, (第 8 期),

王晶, 张定华, 罗明, 吴海宝. 复杂曲面零件五轴加工刀轴整体优化方法. 《航空学报》. 2013, 金曼, 张俐, 陈志同. 圆环面道具五坐标加工端点误差控制刀位优化. 《北京航空航天大学学报》. 2006,

审查员 靳红蕾

(51) Int. Cl.

B23Q 5/32(2006. 01)

(56) 对比文件

- EP 2306253 A1, 2011. 04. 06,
- CN 101376198 A, 2009. 03. 04,
- CN 102528620 A, 2012. 07. 04,
- CN 102728915 A, 2012. 10. 17,
- CN 101357437 A, 2009. 02. 04,
- CN 201940849 U, 2011. 08. 24,

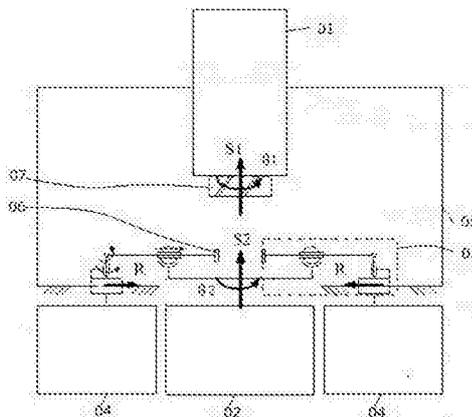
权利要求书3页 说明书7页 附图12页

(54) 发明名称

一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置

(57) 摘要

一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置, 它包括 5 部分, 即上螺旋机构(01)、下螺旋机构(02)、主轴双摆头机构(03)、径向同步移动机构(04) 和机架(05); 上螺旋机构(01) 安装在机架(05) 的上部横樑正中位置, 下螺旋机构(02) 设置在上螺旋机构(01) 下方对心位置并与机架(05) 的中部位置连接, 主轴双摆头机构(03) 设置在机架(05) 的中部位置上, 径向同步移动机构(04) 相应安装其下; 上螺旋机构(01)、下螺旋机构(02)、主轴双摆头机构(03) 和径向同步移动机构(04) 都通过机架(05) 安装组合在一起。它能缩短叶轮、叶片的加工周期和应用于刀具刃磨或零件的快速精密加工, 具有广阔的应用前景。



1. 一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置,其特征在于:它包括5个部分,即上螺旋机构(01)、下螺旋机构(02)、主轴双摆头机构(03)、径向同步移动机构(04)和机架(05),上螺旋机构(01)安装在机架(05)的上部横梁正中位置,下螺旋机构(02)设置在上螺旋机构(01)下方对心位置并与机架(05)的中部位置连接,主轴双摆头机构(03)设置在机架(05)的中部位置上,径向同步移动机构(04)相应安装其下;上螺旋机构(01)、下螺旋机构(02)、主轴双摆头机构(03)和径向同步移动机构(04)都通过机架(05)安装组合在一起;

所述上螺旋机构(01)是由电机(101)、电机座组件(102)、联轴节(103)、螺旋机构壳体(104)、丝杠(105)、螺母(106)、上轴承(107)、轴套(108)、滚动花键套(109)、电机定子(110)、锁紧螺母(111)、光栅座(112)、光栅读数头(113)、光栅刻度盘(114)、壳体端盖(115)、下轴承(116)、电机转子(117)、滚动花键轴(118)组成;电机(101)的输出轴通过联轴节(103)与丝杠(105)连接,驱动丝杠(105)旋转;电机座组件(102)由电机座壳体和安装于其上的轴承与轴承端盖组成,其上的轴承用于支撑丝杠(105)并限定其轴向和径向位置;其壳体则将电机(101)的壳体连接于螺旋机构壳体(104)上、而该螺旋机构壳体(104)与壳体端盖(115)连接,固定于机架(05)中部的横梁上;螺母(106)连接于滚动花键轴(118)上,二者构成花键轴输出组件;滚动花键套(109)固定于轴套(108)中并与电机转子(117)连接成花键套转子组件,通过上轴承(107)和下轴承(116)支撑于由螺旋机构壳体(104)与壳体端盖(115)组成的壳体组件上,电机定子(110)则直接固定于由螺旋机构壳体(104)与壳体端盖(115)组成的壳体组件上,花键套转子组件在定子(110)的驱动下做旋转运动,并进而驱动花键轴输出组件做旋转运动;同时该花键轴输出组件也在丝杠(105)的驱动下做轴向运动,从而获得两个运动自由度,即构成螺旋运动;

所述下螺旋机构(02)与上螺旋机构(01)结构、形状相同,只是锁紧螺母(111)换成内侧铰链托盘(119);该内侧铰链托盘(119)是圆盘式结构件,其心部与滚动花键轴(118)配合连接;

所述主轴双摆头机构(03)是由砂轮(06)、输出轴(302)、支撑套(303)、花键套(304)、花键套壳体(305)、花键轴(306)、中间环(307)、主轴组件(308)、主轴后端盖(309)、主轴前端盖(310)、主轴轴承组(311)、前铰链底座(312)、前铰链下轴承(313)、前铰链轴(314)、前铰链上轴承(315)、后铰链壳体(316)、后铰链下轴承(317)、后铰链轴(318)、后铰链上轴承(319)、后铰链轴承盖(320)、水平右端盖(321)、水平右轴承(322)、芯轴(323)、水平左轴承(324)和水平左端盖(325)组成,花键套(304)、花键套壳体(305)、前铰链底座(312)、前铰链下轴承(313)、前铰链轴(314)、前铰链上轴承(315)构成前铰链,其中花键套(304)容纳花键轴(306)并容许其相对做轴向滑动,花键套(304)固定于花键套壳体(305)中,后者通过两侧的轴承支撑于前铰链轴(314)上并绕水平轴线的摆动运动,前铰链轴(314)则通过前铰链下轴承(313)和前铰链上轴承(315)支撑于前铰链底座(312)上,并相对后者做绕铅锤轴线的摆动运动;花键轴(306)、中间环(307)、主轴组件(308)、主轴后端盖(309)、主轴前端盖(310)相互固连构成主轴壳体组件,输出轴(302)直接或间接与主轴电机的转子连接,在主轴电机定子的驱动下高速旋转;砂轮(06)或类似工具安装于输出轴(302)上,用于加工工件;后铰链壳体(316)、后铰链下轴承(317)、后铰链轴(318)、后铰链上轴承(319)、后铰链轴承盖(320)、水平右端盖(321)、水平右轴承(322)、芯轴(323)、水平左轴承(324)和水平左端盖(325)组成后铰链组件;芯轴(323)通过水平右轴承(322)和水平左轴承(324)支撑于后铰

链轴(318)上,其轴向位置由水平右端盖(321)和水平左端盖(325)进行限定;后铰链轴(318)通过后铰链下轴承(317)和后铰链上轴承(319)支撑于后铰链壳体(316)上,并由后铰链轴承盖(320)限定轴承的轴向移动;

所述径向同步移动机构(04)有三种实现形式,即平面螺旋同步机构,面齿轮-丝杠同步机构,锥齿轮-丝杠同步机构;平面螺旋式主轴径向同步移动机构包括:电机(A01)、电机安装板(A02)、小齿轮(A03)、大齿轮(A04)、平面螺旋盘(A05)、轴承(A06)、轴承盖(A07)、主轴双摆头底座(A08)、主轴双摆头滑板(A09)、直线导轨组件(A10);其工况及之间关系是:通过一个大的平面螺旋盘(A05)同时驱动多个主轴双摆头滑板(A09),从而推动主轴后铰链同步径向移动;面齿轮式主轴径向同步移动机构包括:电机(B01)、电机安装板(B02)、小齿轮(B03)、大齿轮(B04)、轴承(B05)、丝杠齿轮(B06)、主轴双摆头底座(B07)、螺母座(B08)、主轴双摆头滑板(B09)、直线导轨组件(B10)、后轴承座(B12)、丝杠(B13)、螺母(B14)、前轴承座(B15);其工况及之间关系是:利用电机驱动一个大的面齿轮旋转,然后通过面齿轮大齿轮(B04)同时驱动小丝杠齿轮(B03)同步旋转,然后带动每个丝杠(B13)旋转,丝杠(B13)通过螺母(B14)推动主轴双摆头滑板(B09)做径向运动;由于一周能同时安装多个主轴双摆头滑板,从而实现每个主轴双摆头机构后铰链的径向驱动;

所述机架(05)是采用焊接或铸造工艺制作的箱体框架式金属结构件;其上部设有C型横樑安装上螺旋机构(01),其中部工作台安装主轴双摆头机构(03)和径向同步移动机构(04),其下部箱体中间安装下螺旋机构(02);

砂轮(06)安装于主轴双摆头机构(03)中,工件(07)是一组圆周均布零件或一个具有圆周均布结构的零件,它安装于上螺旋机构(01)的下端,而砂轮则安装于主轴(06)的端部,上螺旋机构(01)具有两个运动自由度,即沿工件(07)中心轴的线位移 S_1 和绕其中心轴的角位移 θ_1 ,二者构成螺旋运动,因位于装置的上部,因此称为上螺旋机构,用于为工件或工件组提供一个位移为 (S_1, θ_1) 的螺旋运动;下螺旋机构(02)也具有两个运动自由度,即用于支撑主轴双摆头机构(03)内侧铰链的托盘沿其中心轴的线位移 S_2 和绕其中心轴的角位移 θ_2 ,二者构成螺旋运动,因位于装置的下部,因此称为下螺旋机构,用于为支撑主轴双摆头机构(03)内侧铰链的托盘提供一个位移为 (S_2, θ_2) 的螺旋运动;径向同步移动机构(J04)则用于支撑一组主轴双摆头机构(03)的外侧铰链并为其提供沿半径方向的直线移动位移 R ,这样该装置一共有五个运动自由度,它们对应的位移是: $[(S_1, \theta_1), (S_2, \theta_2), R]$,这些量是分别由5个电机提供,是彼此独立的,因此该装置为一个五自由度装置,即用于构造一种五轴联动机床;在径向同步移动机构(04)和下螺旋机构(02)的共同作用下,安装于上述两机构输出件上的内外侧两个铰链将通过一组球铰链驱动主轴摆动和沿其轴线方向做伸缩运动,因此每个主轴相对于工件都将做5轴同步运动,编程人员只要按照一个叶片的加工过程编制加工程序,所有主轴将同时加工出整体叶轮上的所有叶片。

2. 根据权利要求1所述的一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置,其特征在于:上螺旋机构和下螺旋机构有两种不同的配置方法,一种方法是差动或并联方式,即差动螺旋机构,另一种是串联方式;前者是螺旋机构输出轴(J1-2)通过一组移动副与螺旋机构旋转运动输入轴(J1-1)连接,通过一个丝杠螺母副与螺旋机构轴向运动输入轴(J1-3)连接,它们支撑于螺旋机构机架(J1-4)上;若螺旋机构旋转运动输入轴(J1-1)的角位移为 α_1 ,螺旋机构轴向运动输入轴(J1-3)的输入角位移为 α_2 ,设丝杠螺母导程为 P ,则 $S_1 = (\alpha_2 - \alpha_1)P$, $\theta_1 = \alpha$

1;后者是螺旋机构中间件(J2-2)通过一组移动副连接于螺旋机构机架(J2-4)上,该螺旋机构中间件(J2-2)下端通过丝杠螺母副连接于螺旋机构轴向运动输入轴(2-3)上,螺旋机构输出轴(J2-1)又通过一组转动副连接于螺旋机构中间件(J2-2)上;这是典型的串联机构,因此其输出件位移与两级输入构件的角位移之间的关系容易获得。

3.根据权利要求1所述的一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置,其特征在于:在平面螺旋同步机构、锥齿轮-丝杠同步机构和面齿轮-丝杠同步机构中,主轴(J3-1)支撑于主轴后铰链(J3-2)和主轴前铰链(J3-3)上,主轴前铰链(J3-3)支撑于径向移动副(J3-4)上;该主轴前铰链(J3-3)在下螺旋机构上的径向位置和主轴后铰链(J3-2)在径向移动副(J3-4)上的位置能根据整体叶轮的大小进行调整,且主轴(J3-1)的数量能根据整体叶轮上叶片的数量进行调整;上述三个径向运动方案有较大差别;工作时,径向移动副(J3-4)通过一个大的端面螺旋机构来驱动,类似于三爪卡盘中的三个爪的运动一样,其差别在于此处将用到多达50-100数量的“爪”,这也是主轴的数量,平面螺旋-齿轮组件(J3-5)用于将来自电机轴输出齿轮(J3-6)的运动进行减速并驱动径向移动副(J3-4)做径向往复运动;主轴前铰链托盘(J3-8)连接于螺旋机构输出轴(J2-1)上,用于安装主轴前铰链;锥齿轮-丝杠同步机构是通过一组锥齿轮啮合将电机输出的运动通过主动锥齿轮(J3-10)传递给从动锥齿轮(J3-9),从动锥齿轮(J3-9)则安装在一个常规的丝杠螺母机构上,用于推动径向移动副(J3-4)做往复径向运动;面齿轮-丝杠同步机构和锥齿轮-丝杠同步机构基本相同,不同之处在于,面齿轮-丝杠同步机构是通过一组面齿轮-圆柱齿轮啮合将电机输出的运动通过主动面齿轮(J3-12)传递给从动齿轮(J3-11),从动齿轮(J3-11)则安装在一个常规的丝杠螺母机构上,用于推动径向移动副(J3-4)做往复径向运动。

一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置,它是一种利用同步运动控制机构同时控制多个砂轮、刀具或电极,同步磨削、铣削或电解加工一个零件上的成圆周阵列均布的多个曲面结构,如叶轮上的成圆周阵列均布的多个叶片曲面、或如一组结构相同的多个零件成圆周均布排列的零件的高效加工装置。它可以缩短叶轮、叶片的加工周期1到2个数量级,还可以应用于刀具刃磨或小型大批量生产零件的快速精密加工,具有广阔的应用前景。

背景技术

[0002] 航空发动机整体叶轮的制造一直是航空发动机研制和生产中的瓶颈难题,目前采用的加工设备基本上都是单主轴五轴叶轮铣削加工中心,这类设备因为只有一只主轴,因此加工叶轮时一次只同时加工一个叶片,一个叶片加工完成后旋转一个叶片夹角再加工第二个叶片,如此反复直至加工完圆周上所有的叶片。叶轮的叶片数量从10-100片不等,因此采用这种加工方法加工周期都非常长,一些大型的整体叶轮的加工周期可多达数百小时。为了解决效率严重低下问题,国外有些机床厂针对一些小型叶轮设计了具有2-4个摇篮机构(双轴转台)的多动力头同步加工机床,可以同时加工1个以上的叶轮,这种方法共用了机床的3个直线运动轴,因此与同样数量的单主轴机床相比,多叶轮同步铣削机床要小得多。但是由于每个摇篮的尺寸都很大,因此这种机床的主轴数量不能太多,否则结构会过于庞大,制造难度也会急剧上升。本发明考虑到整体叶轮的叶片的轴对称性质,认为目前的叶轮加工机床采用的直角坐标方式难以彻底解决叶轮加工的低效率和长周期问题,而采用极坐标或圆柱坐标机床结构则可以同时利用多个相同工具同时加工一个叶轮,这样可以大幅度缩短一个叶轮的加工周期,对于叶轮的快速研制和生产具有特别重大的意义。

发明内容

[0003] 1、目的:本发明的目的是提供一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置,它是一种利用一套五轴同步运动机构同时驱动多个主轴电机,以实现多个工具相对于工件做轨迹完全相同但只相对于工件中心的角向位置不同的同步运动,同时对整体叶轮上的多个叶片进行铣削、磨削、抛光、电解或电火花加工的装置,显著缩短整体叶轮等圆周阵列曲面结构零件的生产周期。

[0004] 2、技术方案:本发明一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置,如图1所示,它包括5个主要部分,即上螺旋机构01、下螺旋机构02、主轴双摆头机构03、径向同步移动机构04和机架05,它们之间的位置连接关系是:上螺旋机构01安装在机架05的上部横梁正中位置,下螺旋机构02设置在上螺旋机构01下方对心位置并与机架05的中部位置连接,主轴双摆头机构03设置在机架05的中部位置上,径向同步移动机构04相应安装其下;上螺旋机构01、下螺旋机构02、主轴双摆头机构03和径向同步移动机构04都通过机架05安装组合在一起。

[0005] 所述上螺旋机构01是由电机101、电机座组件102、联轴节103、螺旋机构壳体104、

丝杠105、螺母106、上轴承107、轴套108、滚动花键套109、电机定子110、锁紧螺母111、光栅座112、光栅读数头113、光栅刻度盘114、壳体端盖115、下轴承116、电机转子117、滚动花键轴118组成,它们之间的位置连接关系是:电机101的输出轴通过联轴节103与丝杠105连接,可驱动丝杠105旋转;电机座组件102由电机座壳体和安装于其上的轴承与轴承端盖组成,其上的轴承用于支撑丝杠105并限定其轴向和径向位置;其壳体则将电机101的壳体连接于螺旋机构壳体104上、而该螺旋机构壳体104与壳体端盖115向连接,可固定于机架05中部的横梁上。螺母106连接于滚动花键轴118上,二者构成花键轴输出组件;滚动花键套109上;滚动花键套109固定于轴套108中并与电机转子117连接成花键套转子组件,通过轴承107和下轴承116支撑于由螺旋机构壳体104与壳体端盖115组成的壳体组件上,电机定子110则直接固定于由螺旋机构壳体104与壳体端盖115组成的壳体组件上,花键套转子组件可在定子110的驱动下做旋转运动,并进而驱动花键轴输出组件做旋转运动。同时该花键轴输出组件也可在丝杠105的驱动下做轴向运动,从而可获得两个运动自由度,即构成螺旋运动。

[0006] 所述下螺旋机构02与上螺旋机构01结构、形状相同,只是锁紧螺母111换成内侧铰链托盘119;该内侧铰链托盘119是园盘式结构件,其心部与滚动花键轴118配合连接。

[0007] 所述主轴双摆头机构03是由砂轮06、输出轴302、支撑套303、花键套304、花键套壳体305、花键轴306、中间环307、主轴组件308、主轴后端盖309、主轴前端盖310、主轴轴承组311、前铰链底座312、前铰链下轴承313、前铰链轴314、前铰链上轴承315、后铰链壳体316、后铰链下轴承317、后铰链轴318、后铰链上轴承319、后铰链轴承盖320、321水平右端盖、水平右轴承322、芯轴323、水平左轴承324和水平左端盖325组成,它们之间的位置连接关系是:花键套304、花键套壳体305、前铰链底座312、前铰链下轴承313、前铰链轴314、前铰链上轴承315构成前铰链,其中花键套304容纳花键轴306并容许其相对做轴向滑动,花键套304固定于花键套壳体305中,后者通过两侧的轴承支撑于前铰链轴314上并可作绕水平轴线的摆动运动,前铰链轴314则通过前铰链下轴承313和前铰链上轴承315支撑于前铰链底座312上,并相对后者可做绕铅锤轴线的摆动运动。花键轴306、中间环307、主轴组件308、主轴后端盖309、主轴前端盖310相互固联构成主轴壳体组件,输出轴302直接或间接与主轴电机的转子连接,在主轴电机定子的驱动下高速旋转。砂轮06或类似工具安装于输出轴302上,用于加工工件。后铰链壳体316、后铰链下轴承317、后铰链轴318、后铰链上轴承319、后铰链轴承盖320、321水平右端盖、水平右轴承322、芯轴323、水平左轴承324和水平左端盖325组成后铰链组件。芯轴323通过水平右轴承322和水平左轴承324支撑于后铰链轴318上,其轴向位置由水平右端盖321和水平左端盖325进行限定。后铰链轴318通过后铰链下轴承317和后铰链上轴承319支撑于后铰链壳体316上,并由后铰链轴承盖320限定轴承的轴向移动。

[0008] 所述径向同步移动机构04有三种实现形式,可以是图3a所示的平面螺旋同步机构,也可以是图3b所示的锥齿轮-丝杠同步机构,还可以是图3c所示的面齿轮-丝杠同步机构。其中图8a)和8b)是图3a所示的平面螺旋同步机构的具体结构图,图9a)和9b)是图3c所示的面齿轮-丝杠同步机构的具体结构图;图3b所示锥齿轮-丝杠同步机构的结构图与面齿轮-丝杠同步机构的具体结构图大致相同,所以不再附具体结构图。图8a和图8b表示的是一种平面螺旋式主轴径向同步移动机构,其原理如图3a所示。它包括:电机A01、电机安装板A02、小齿轮A03、大齿轮A04、平面螺旋盘A05、轴承A06、轴承盖A07、主轴双摆头底座A08、主轴双摆头滑板A09、直线导轨组件A10。其工况及之间关系是:通过一个大的平面螺旋盘A05

同时驱动多个主轴双摆头滑板A09,从而推动主轴后铰链同步径向移动。图9a和图9b表示的是面齿轮式主轴径向同步移动机构,其原理如图3c所示。它包括:电机B01、电机安装板B02、小齿轮B03、大齿轮B04、B05轴承、丝杠齿轮B06、主轴双摆头底座B07、螺母座B08、主轴双摆头滑板B09、直线导轨组件B10、后轴承座B12、丝杠B13、螺母B14、前轴承座B15。其工况及之间关系是:利用电机驱动一个大的面齿轮旋转,然后通过面齿轮大齿轮B04同时驱动小丝杠齿轮B03同步旋转,然后带动每个丝杠B13旋转,丝杠B13通过螺母B14推动主轴双摆头滑板B09做径向运动。由于一周可以同时安装多个主轴双摆头滑板A09、B09,从而实现对每个主轴双摆头机构后铰链的径向驱动。

[0009] 所述机架05是采用焊接或铸造工艺制作的箱体框架式金属结构件。其上部设有C型横梁安装上螺旋机构01,其中部工作台安装主轴双摆头机构03和径向同步移动机构04,其下部箱体中间安装下螺旋机构02。

[0010] 砂轮(一组)06安装于主轴双摆头机构03中。工件07是一组圆周均布零件或一个具有圆周均布结构的零件,如整体叶轮或安装在一个回转夹具上的若干叶片,它通常安装于上螺旋机构01的下端。而砂轮或其它工具则安装于主轴(一组)06的端部。上螺旋机构01具有两个运动自由度,即沿工件07中心轴的线位移 S_1 和绕其中心轴的角位移 θ_1 ,二者构成螺旋运动,因位于图1装置的上部,因此称为上螺旋机构,主要用于为工件或工件组提供一个位移为 (S_1, θ_1) 的螺旋运动。下螺旋机构02也具有两个运动自由度,即用于支撑主轴双摆头机构03内侧铰链的托盘沿其中心轴的线位移 S_2 和绕其中心轴的角位移 θ_2 ,二者构成螺旋运动,因位于图1装置的下部,因此称为下螺旋机构,主要用于为支撑主轴双摆头机构03内侧铰链的托盘提供一个位移为 (S_2, θ_2) 的螺旋运动。径向同步移动机构J04则主要用于支撑一组主轴双摆头机构03的外侧铰链并为其提供沿半径方向的直线移动位移 R ,这样该装置一共有五个运动自由度,它们对应的位移是: $[(S_1, \theta_1), (S_2, \theta_2), R]$,这些量是分别由5个电机提供,是彼此独立的,因此该装置为一个五自由度装置,即可以用于构造一种五轴联动机床。在径向同步移动机构04和下螺旋机构02的共同作用下,安装于上述两机构输出件上的内外侧两个铰链将通过一组球铰链驱动主轴摆动和沿其轴线方向做伸缩运动,因此每个主轴相对于工件都将做5轴同步运动。编程人员只要按照一个叶片的加工过程编制加工程序,所有主轴将同时加工出整体叶轮上的所有叶片。

[0011] 其中,图1中的上螺旋机构和下螺旋机构有两种不同的配置方法,一种方法是差动或并联方式,即差动螺旋机构,如图2a所示,另一种是串联方式,如图2b所示。图2a中,螺旋机构输出轴J1-2通过一组移动副与螺旋机构旋转运动输入轴J1-1连接,通过一个丝杠螺母副与螺旋机构轴向运动输入轴J1-3连接,它们支撑于螺旋机构机架J1-4上。若螺旋机构旋转运动输入轴J1-1的角位移为 α_1 螺旋机构轴向运动输入轴J1-3的输入角位移为 α_2 ,设丝杠螺母导程为 P ,则 $S_1=(\alpha_2-\alpha_1)P$, $\theta_1=\alpha_1$ 。图2b中,螺旋机构中间件J2-2通过一组移动副连接于螺旋机构机架J2-4上,该螺旋机构中间件J2-2下端通过丝杠螺母副连接于螺旋机构轴向运动输入轴J2-3上,螺旋机构输出轴J2-1又通过一组转动副连接于螺旋机构中间件J2-2上。这是典型的串联机构,因此其输出件位移与两级输入构件的角位移之间的关系比较容易获得,在此不再给出公式。

[0012] 其中,图3a为平面螺旋同步机构简图,图3b为锥齿轮-丝杠同步机构简图,图3c为面齿轮-丝杠同步机构简图。在上述三图中主轴(组)或其安装座J3-1支撑于主轴后铰链(球

较或胡克铰)J3-2和主轴前铰链(球铰或胡克铰与移动副的组合)J3-3上,主轴前铰链(球铰或胡克铰与移动副的组合)J3-3支撑于径向移动副J3-4上,所述主轴前铰链J3-3在下螺旋机构上的径向位置和主轴后铰链J3-2在径向移动副J3-4上的位置可以根据整体叶轮的大小进行调整,且主轴(组)或其安装座J3-1的数量可以根据整体叶轮上叶片的数量进行调整。上述三个图的径向运动方案有较大差别。工作时,图3a中的径向移动副J3-4通过一个大的端面螺旋机构来驱动,类似于三爪卡盘中的三个爪的运动一样,其差别在于此处将用到多达50-100数量的“爪”,这也是主轴的数量。平面螺旋-齿轮组件J3-5用于将来自电机轴输出齿轮J3-6的运动进行减速并驱动径向移动副J3-4做径向往复运动。主轴前铰链托盘J3-8一般连接于图2所示的螺旋机构的输出轴J2-1上,用于安装主轴前铰链。图3b中,不同于图2a所示的平面螺旋机构,它是通过一组锥齿轮啮合将电机输出的运动通过主动锥齿轮J3-10传递给从动锥齿轮J3-9,从动锥齿轮J3-9则安装在一个常规的丝杠螺母机构上,用于推动径向移动副J3-4做往复径向运动。图3c与图3b基本相同,不同之处在于,它是通过一组面齿轮-圆柱齿轮啮合将电机输出的运动通过主动面齿轮J3-12传递给从动齿轮J3-11,从动齿轮J3-11则安装在一个常规的丝杠螺母机构上,用于推动径向移动副J3-4做往复径向运动。图中, ω_1 为同步机构主动齿轮角速度, ω_2 为同步机构从动齿轮角速度, v 为同步机构径向移动速度, α_1 为螺旋机构角位移, α_2 为丝杠角位移。

[0013] 3、优点及功效:本发明一种圆周阵列曲面结构五轴同步加工装置的优点是:1)对于具有圆周阵列曲面结构的零件,本发明提供的具有极坐标特征的五轴机床具有更加紧凑的结构,可以显著降低机床成本;2)对于具有圆周阵列曲面结构的零件,采用本发明可以同时采用多个工具加工一个零件上的周期性特征,因此可以大大缩短加工周期,对于一个具有100叶片的整体叶轮,加工周期可以缩短为传统机床的1/100,这对于新发动机研制具有特别重要的意义;3)磨削和电解加工过程加工力小,因此采用很大的机床仅仅驱动一根主轴对零件进行加工将造成巨大浪费,采用同步加工方法可以大幅度提高资源利用效率。

附图说明

- [0014] 图1圆周阵列结构五轴同步加工机床机构简图
- [0015] 图2a差动螺旋机构简图
- [0016] 图2b串联螺旋机构简图
- [0017] 图3a平面螺旋同步机构简图
- [0018] 图3b锥齿轮-丝杠同步机构简图
- [0019] 图3c面齿轮-丝杠同步机构简图
- [0020] 图4a一种圆周阵列结构五轴同步加工机床典型结构主视图
- [0021] 图4b一种圆周阵列结构五轴同步加工机床典型结构俯视图
- [0022] 图5一种驱动工件的差动螺旋机构
- [0023] 图6一种驱动主轴的差动螺旋机构
- [0024] 图7a主轴双摆头机构主视图
- [0025] 图7b主轴双摆头机构右视图
- [0026] 图8a平面螺旋式主轴径向同步移动机构主视图
- [0027] 图8b平面螺旋式主轴径向同步移动机构俯视图

[0028] 图8c面齿轮式主轴径向同步移动机构主视图

[0029] 图9a面齿轮式主轴径向同步移动机构主视图

[0030] 图9b面齿轮式主轴径向同步移动机构俯视图

[0031] 图10一种圆周阵列结构五轴同步加工机床典型结构轴测图

[0032] 图中符号意义如下：

[0033] 01上螺旋机构、02下螺旋机构、03主轴双摆头机构、04径向同步移动机构、05机架、06主轴(一组)、07工件(一组圆周均布零件或一个具有圆周均布结构零件零件)、08横梁；S1上螺旋机构的轴向位移、S2下螺旋机构的轴向位移、R径向同步移动机构径向位移、 \odot 1上螺旋机构的角位移、 \odot 2下螺旋机构的角位移、J1-1螺旋机构旋转运动输入轴、J1-2螺旋机构输出轴、J1-3螺旋机构轴向运动输入轴、J1-4螺旋机构机架、J2-1螺旋机构输出轴、J2-2螺旋机构中间件、J2-3螺旋机构轴向运动输入轴、J2-4螺旋机构机架、 α 1螺旋机构角位移、 α 2丝杠角位移；J3-1主轴(组)、J3-2主轴后铰链(球铰或胡克铰)、J3-3主轴前铰链(球铰或胡克铰与移动副的组合)、J3-4径向移动副、J3-5平面螺旋-齿轮组件、J3-6电机输出轴齿轮、J3-7径向同步机构机架、J3-8主轴前铰链托盘、J3-9从动锥齿轮、J3-10主动锥齿轮、J3-11从动齿轮、J3-12主动面齿轮、 ω 1同步机构主动齿轮角速度、 ω 2同步机构从动齿轮角速度、 v 同步机构径向移动速度；

[0034] 101电机、102电机座组件、103联轴节、104螺旋机构壳体、105丝杠、106螺母、107上轴承、108轴套、109滚动花键套、110电机定子、111锁紧螺母、112光栅座、113光栅读数头、114光栅刻度盘、115壳体端盖、116下轴承、117电机转子、118滚动花键轴、119内侧铰链托盘；302输出轴、303支撑套、304花键套、305花键套壳体、306花键轴、307中间环、308主轴组件、309主轴后端盖、310主轴前端盖、311主轴轴承组、312前铰链底座、313前铰链下轴承、314前铰链轴、315前铰链上轴承、316后铰链壳体、317后铰链下轴承、318后铰链轴、319后铰链上轴承、320后铰链轴承盖、321水平右端盖、322水平右轴承、323芯轴、324水平左轴承、325水平左端盖；A01电机、A02电机安装板、A03小齿轮、A04大齿轮、A05平面螺旋盘、A06轴承、A07轴承盖、A08主轴双摆头底座、A09主轴双摆头滑板、A10直线导轨组件；B01电机、B02电机安装板、B03小齿轮、B04大齿轮、B05轴承、B06丝杆齿轮、B07主轴双摆头底座、B08螺母座、B09主轴双摆头滑板、B10直线导轨组件、B12后轴承座、B13丝杠、B14螺母、B15前轴承座。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图说明本发明的实施例。

[0036] 如图1所示，它包括5个主要部分，即上螺旋机构01、下螺旋机构02、主轴双摆头机构03、径向同步移动机构04和机架05。它们之间的位置连接关系是：上螺旋机构01安装在机架05的上部横梁正中位置，下螺旋机构02设置在上螺旋机构01下方对心位置并与机架05的中部位置连接，主轴双摆头机构03设置在机架05的中部位置上，径向同步移动机构04相应安装其下；上螺旋机构01、下螺旋机构02、主轴双摆头机构03和径向同步移动机构04都通过机架05安装组合在一起。

[0037] 图4a和图4b表达的是一种图1所示的机构的具体实施例。它包括4个主要部分，即上螺旋机构01、下螺旋机构02、主轴双摆头机构03、径向同步移动机构04，它们通过底座05和横梁08组成的机架组合在一起。主轴(一组)06安装于主轴双摆头机构03中。工件07是一

组圆周均布零件或一个具有圆周均布结构的零件,如整体叶轮或安装在一个回转夹具上的若干叶片,它通常安装于上螺旋机构01的下端。而砂轮或其它工具则安装于主轴(一组)06的端部。上螺旋机构01具有两个运动自由度,即沿工件07中心轴的线位移和绕其中心轴的角度位移,二者构成螺旋运动,主要用于为工件或工件组提供一个螺旋运动。下螺旋机构02也具有两个运动自由度,即用于支撑主轴双摆头机构03内侧铰链的托盘沿其中心轴的线位移和绕其中心轴的角度位移,二者构成螺旋运动,主要用于为支撑主轴双摆头机构03内侧铰链的托盘提供一个螺旋运动。径向同步移动机构04则主要用于支撑一组主轴双摆头机构03的外侧铰链并为其提供沿半径方向的直线移动位移,这样该装置一共有五个运动自由度,这些运动是分别由5个电机提供,是彼此独立的,因此该装置为一个五自由度装置,即可以用于构造一种五轴联动机床。在径向同步移动机构04和下螺旋机构02的共同作用下,安装于上述两机构输出件上的内外侧两个铰链将通过一组球铰链驱动主轴摆动和沿其轴线方向做伸缩运动,因此每个主轴相对于工件都将做5轴同步运动。编程人员只要按照一个叶片的加工过程编制加工程序,所有主轴将同时加工出整体叶轮上的所有叶片。

[0038] 图5为一种驱动工件的差动螺旋机构,图6为一种驱动主轴的差动螺旋机构,它们都是图2b的一种典型实施方式,二者除输出端连接执行机构、其本身的结构和尺寸可不同外,其内部结构完全相同。二者相同主体结构包括电机101、电机座组件102、联轴节103、螺旋机构壳体104、丝杠105、螺母106、上轴承107、轴套108、滚动花键套109、电机定子110、光栅座112、光栅读数头113、光栅刻度盘114、壳体端盖115、下轴承116、电机转子117、滚动花键轴118等。当螺旋机构的输出轴用于安装工件时,本发明提供的是锁紧螺母111将工件压紧在输出轴上,显然还可以采用多种其它常用方式,如刀柄结构的连接方式,即将工件安装在一个刀柄上,将刀柄通过拉刀机构连接于上螺旋机构的输出轴上。在下螺旋机构02上,内侧铰链托盘119连接于螺旋机构的输出轴上。其工作原理是,电机座组件102、螺旋机构壳体104、光栅座112、壳体端盖115组成了本机构的机架,可安装于机床的底座或横梁上,用于作为本发明的上螺旋机构或下螺旋机构;电机101、上轴承107、电机定子110、光栅读数头113、下轴承116都安装于该机架上;轴套108、滚动花键套109、电机转子117组成的转子可驱动螺旋机构做圆周方向的回转运动,并将该回转运动通过滚动花键套109将回转运动传递给螺母106、轴套108组成的螺旋机构输出轴,该螺旋机构输出轴的周线方向的位置和运动则由电机101驱动丝杠105旋转而推动螺旋机构输出轴做轴向运动实现。该机构的特点是将两个输入运动通过差动机构合成到螺旋机构输出轴上,其优点是电机壳体可以不运动,从而减小移动质量和提高加速度。相反地,将螺母106连接于电机101输出轴上而将丝杠105和轴套108组成输出轴则可以得到另一种螺旋机构,但此时电机通常需要为中空的,容许长的丝杠从其中穿过。当然,采用一些齿形带传动或其它传动方法也可以将旁置电机的旋转运动传递给一个中置的旋转螺母来替代空心电机以达到上述目的。图2a是差动螺旋机构简图。

[0039] 图7a和图7b为主轴双摆头机构的一种典型结构,它是图3a、3b、3c中所示的主轴(组)J3-1、主轴后铰链(球铰或胡克铰)J3-2、主轴前铰链(球铰或胡克铰与移动副的组合)J3-3三个部件组成的机构的一个具体实施例。实际上,主轴在该机构中可以被独立出来,该机构只需要给主轴提供必要的安装控件和连接方式即可。图7a和图7b所示的主轴双摆头机构可由以下主要零部件组成:砂轮301、输出轴302、支撑套303、花键套304、花键套壳体305、花键轴306、中间环307、主轴组件308、主轴后端盖309、主轴前端310、主轴轴承组311、前铰

链底座312、前铰链下轴承313、前铰链轴314、前铰链上轴承315、后铰链壳体316、后铰链下轴承317、后铰链轴318、后铰链上轴承319、后铰链轴承盖320、水平右端盖321、水平右轴承322、芯轴323、水平左轴承324、水平左端盖325。该机构实际分成三个部分：主轴前铰链、主轴后铰链、主轴本体。其中主轴后铰链为带销球面铰链，它包括后铰链壳体316、后铰链下轴承317、后铰链轴318、后铰链上轴承319、后铰链轴承盖320、水平右端盖321、水平右轴承322、芯轴323、水平左轴承324、水平左端盖325等，这些零件组成一个具有两个相互垂直旋转轴的2自由度机构，即一个虎克铰链。而其中的主轴前铰链则包括前铰链底座312、前铰链下轴承313、前铰链轴314、前铰链上轴承315、花键套304、花键套壳体305等零件，它们从整体上与主轴后铰链基本相同，不同之处在于花键套壳体305是两端带有圆轴的结构，花键套304固定于其中，花键套304通过花键运动副与花键轴306连接，容许花键轴306相对于前铰链底座312做具有三个自由度的运动，相当于一个虎克铰链和一个移动副的串联支链。主轴本体则由输出轴302、支撑套303、花键轴306、中间环307、主轴组件308、主轴后端盖309、主轴前端310、主轴轴承组311等组成，该组件相当于一个电机和一个主轴的结合体。必要时可只保留由花键轴306、中间环307、主轴组件308、主轴后端盖309、主轴前端310组成的组件或以一个构件替换成为主轴安装座，主轴可安装于其中或与其可构成固联关系的其它位置。工作时，主轴后铰链壳体316将在径向移动机构的驱动下做径向移动运动，而主轴前铰链底座312则将安装于下差动螺旋机构02的输出件—前铰链托盘上，并在其驱动下可做包括一个回转运动和一个轴向移动的2自由度运动。通过前后两个铰链可以进而控制主轴和主轴上的砂轮或其它工具做具有3个自由度的运动。

[0040] 图8a和图8b表示的是一种平面螺旋式主轴径向同步移动机构，其原理如图3a所示。它包括：电机A01、电机安装板A02、小齿轮A03、大齿轮A04、平面螺旋盘A05、轴承A06、轴承盖A07、主轴双摆头底座A08、主轴双摆头滑板A09、直线导轨组件A10。其工作原理是通过一个大的平面螺旋盘A05同时驱动多个主轴双摆头滑板A09，从而推动主轴后铰链同步径向移动。图9a和图9b表示的是面齿轮式主轴径向同步移动机构，其原理如图3c所示。它包括：电机B01、电机安装板B02、小齿轮B03、大齿轮B04、B05轴承、丝杠齿轮B06、主轴双摆头底座B07、螺母座B08、主轴双摆头滑板B09、直线导轨组件B10、后轴承座B12、丝杠B13、螺母B14、前轴承座B15。其主要工作原理是利用电机驱动一个大的面齿轮旋转，然后通过面齿轮大齿轮B04同时驱动小丝杠齿轮B03同步旋转，然后带动每个丝杠B13旋转，丝杠B13通过螺母B14推动主轴双摆头滑板B09做径向运动。由于一周可以同时安装多个主轴双摆头滑板A09、B09，从而实现对每个主轴双摆头机构后铰链的径向驱动。

[0041] 图10是一种圆周阵列结构五轴同步加工机床典型结构轴测图，从该图上可以看出8个(实际数量可根据需求情况增减)主轴双摆头机构同时加工一个整体叶轮的机床的典型外观。

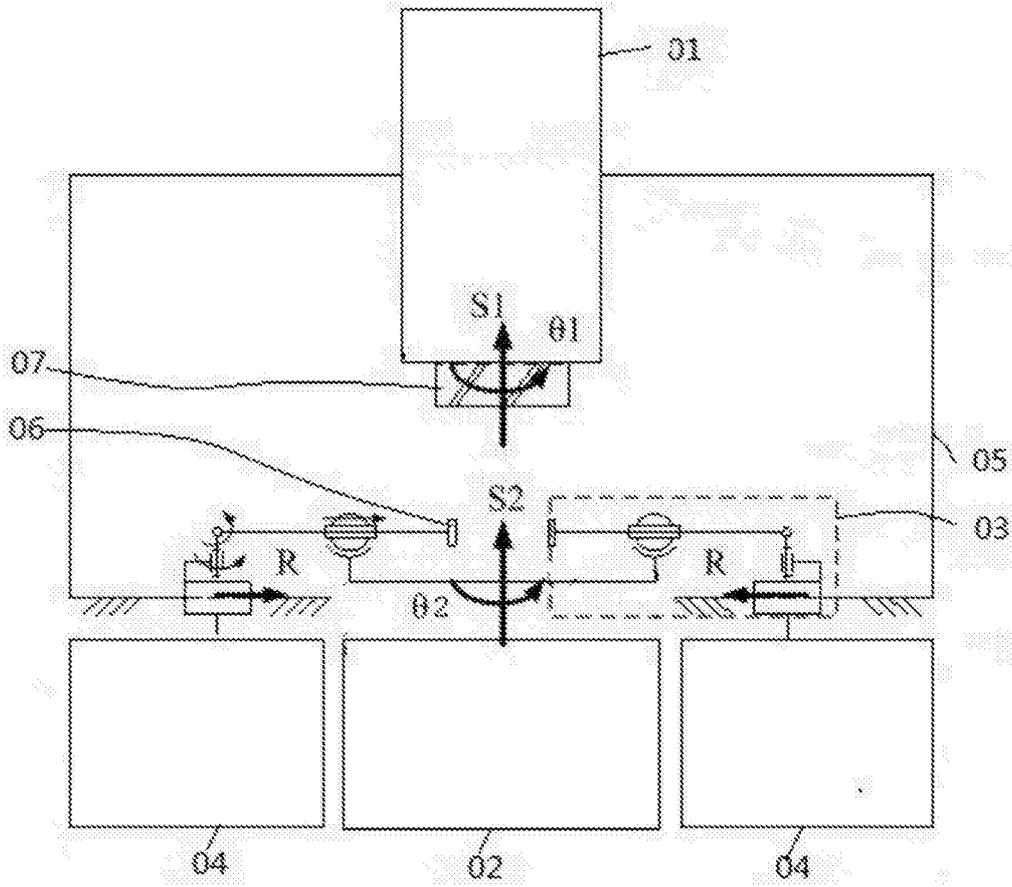


图1

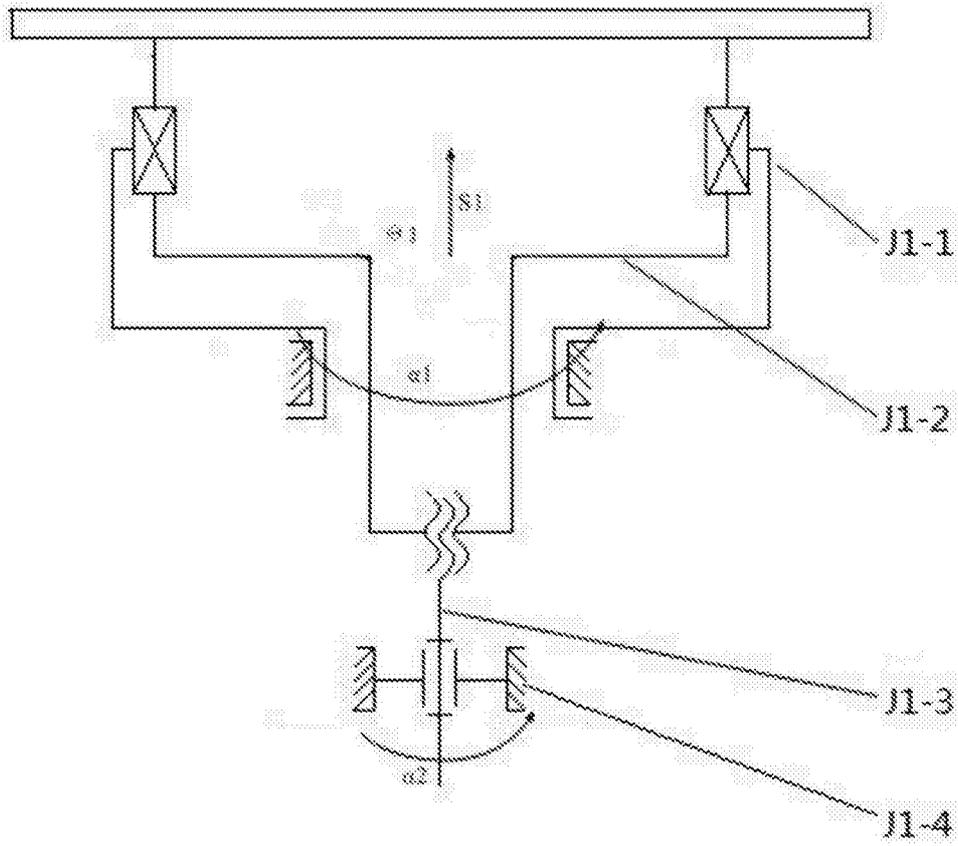


图2a

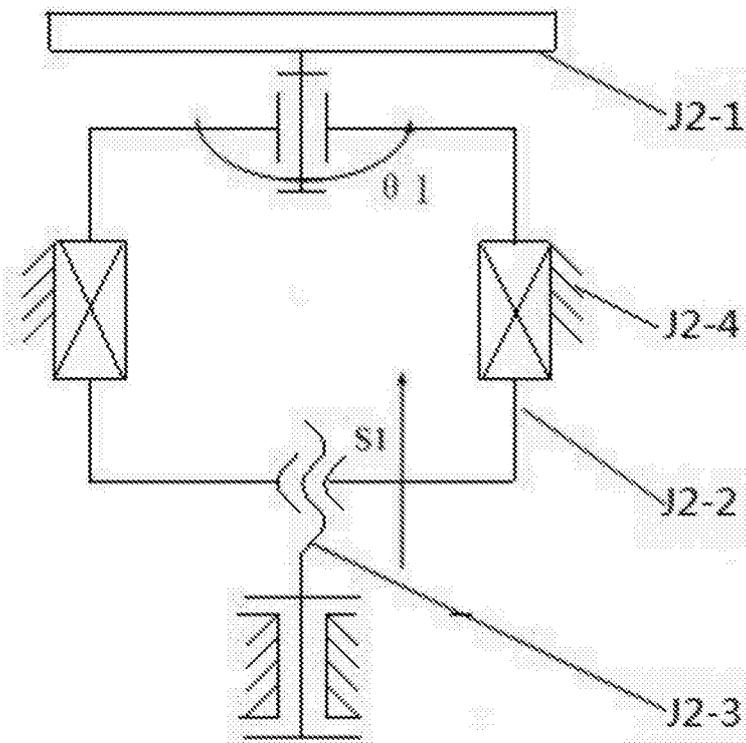


图2b

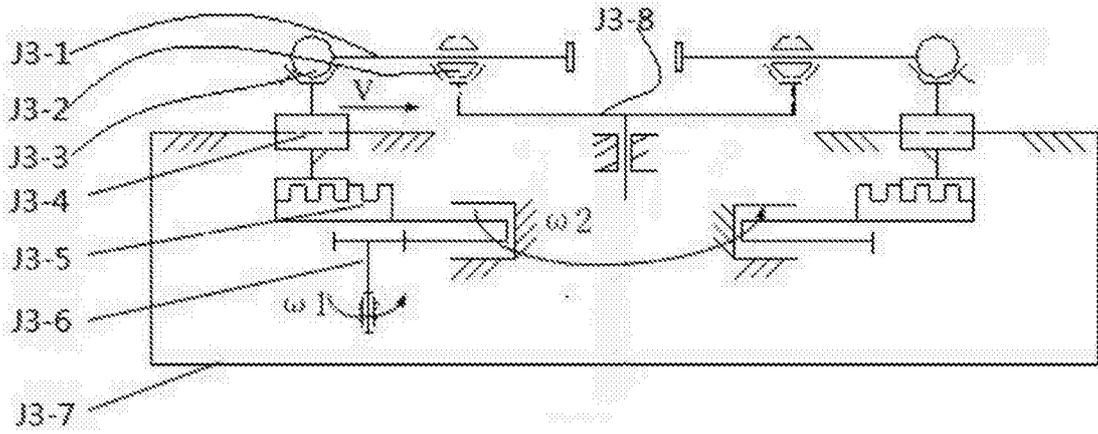


图3a

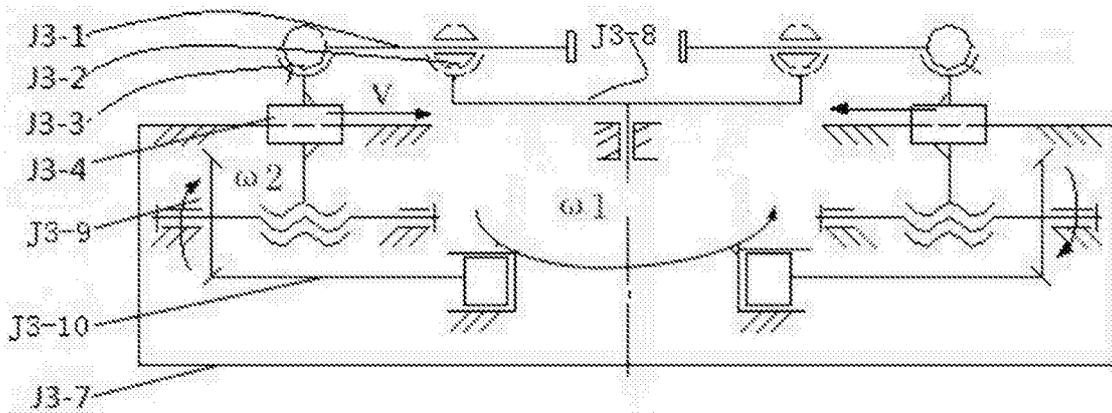


图3b

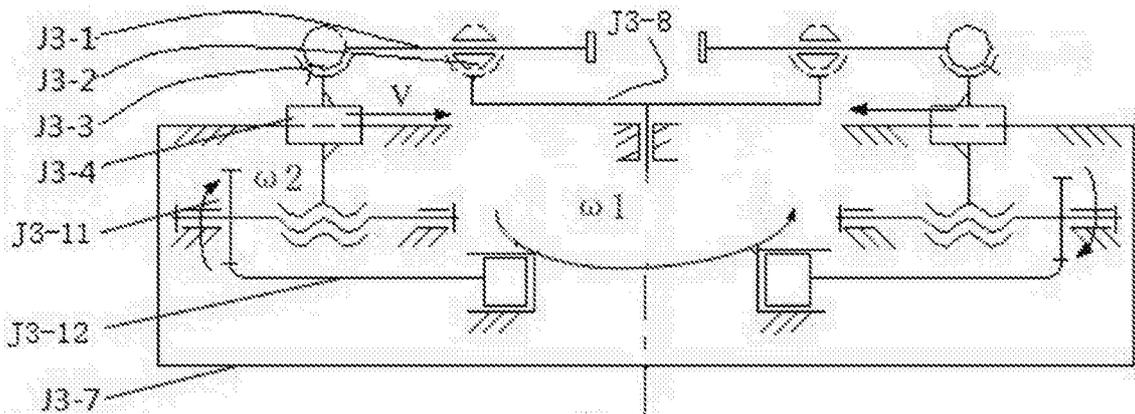


图3c

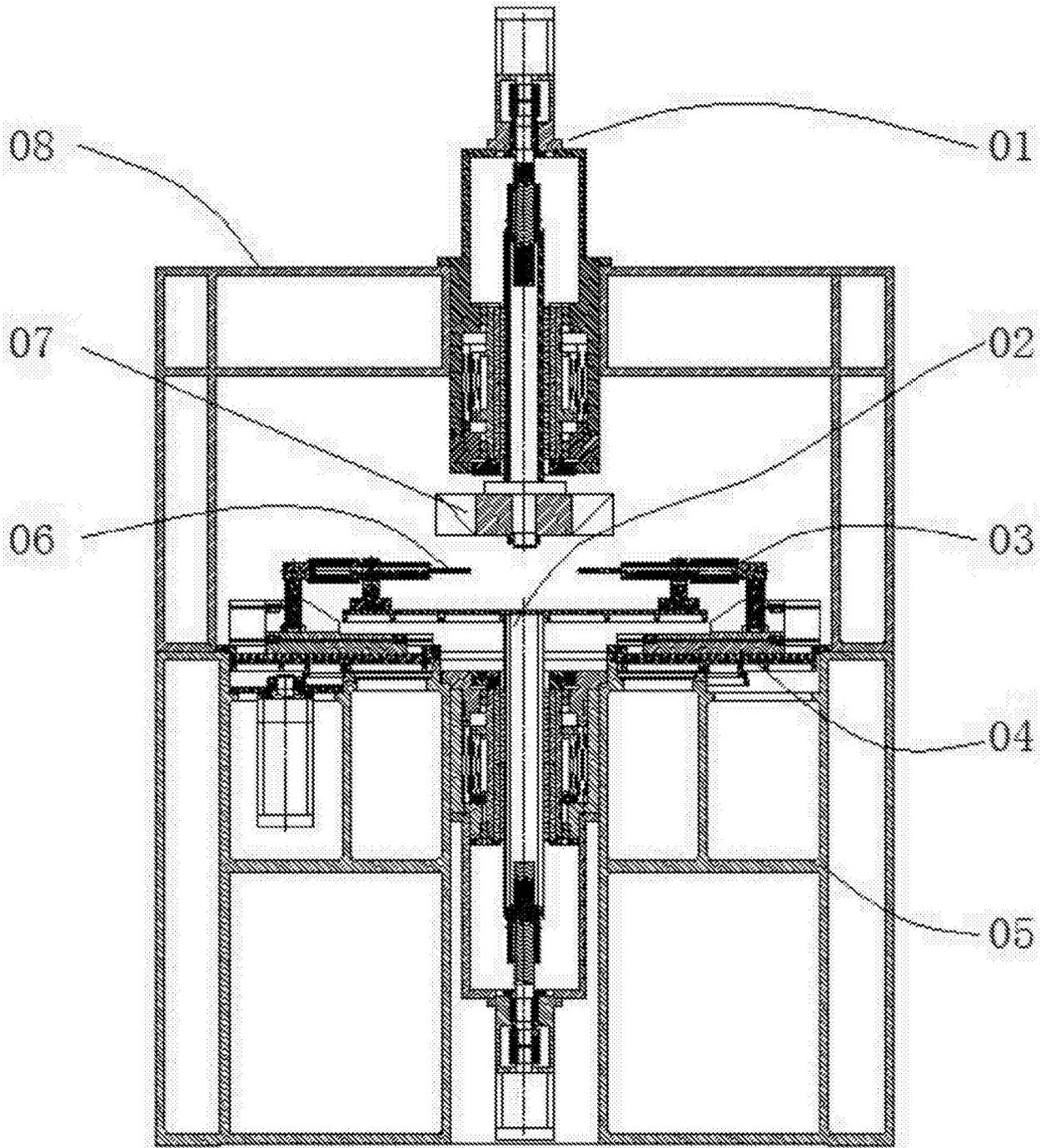


图4a

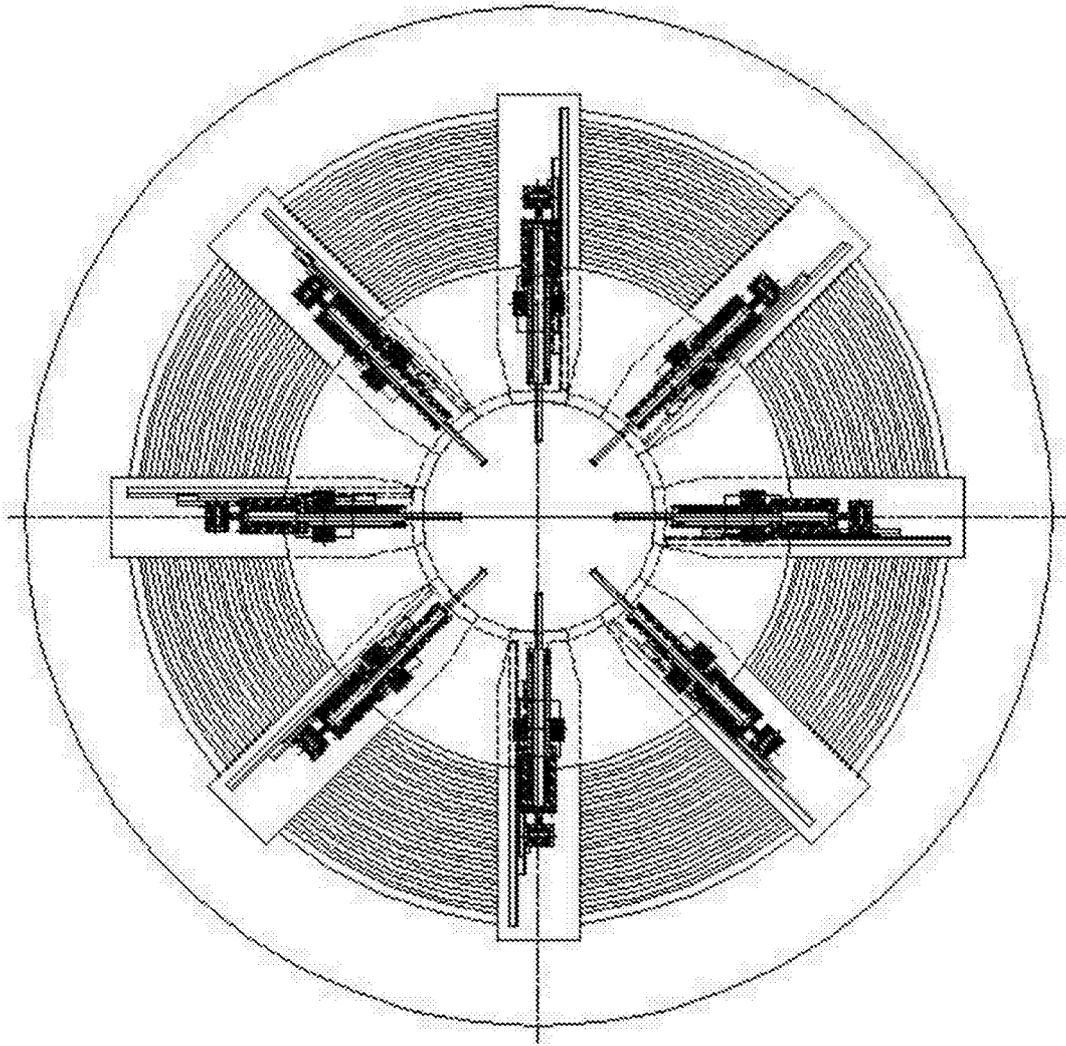


图4b

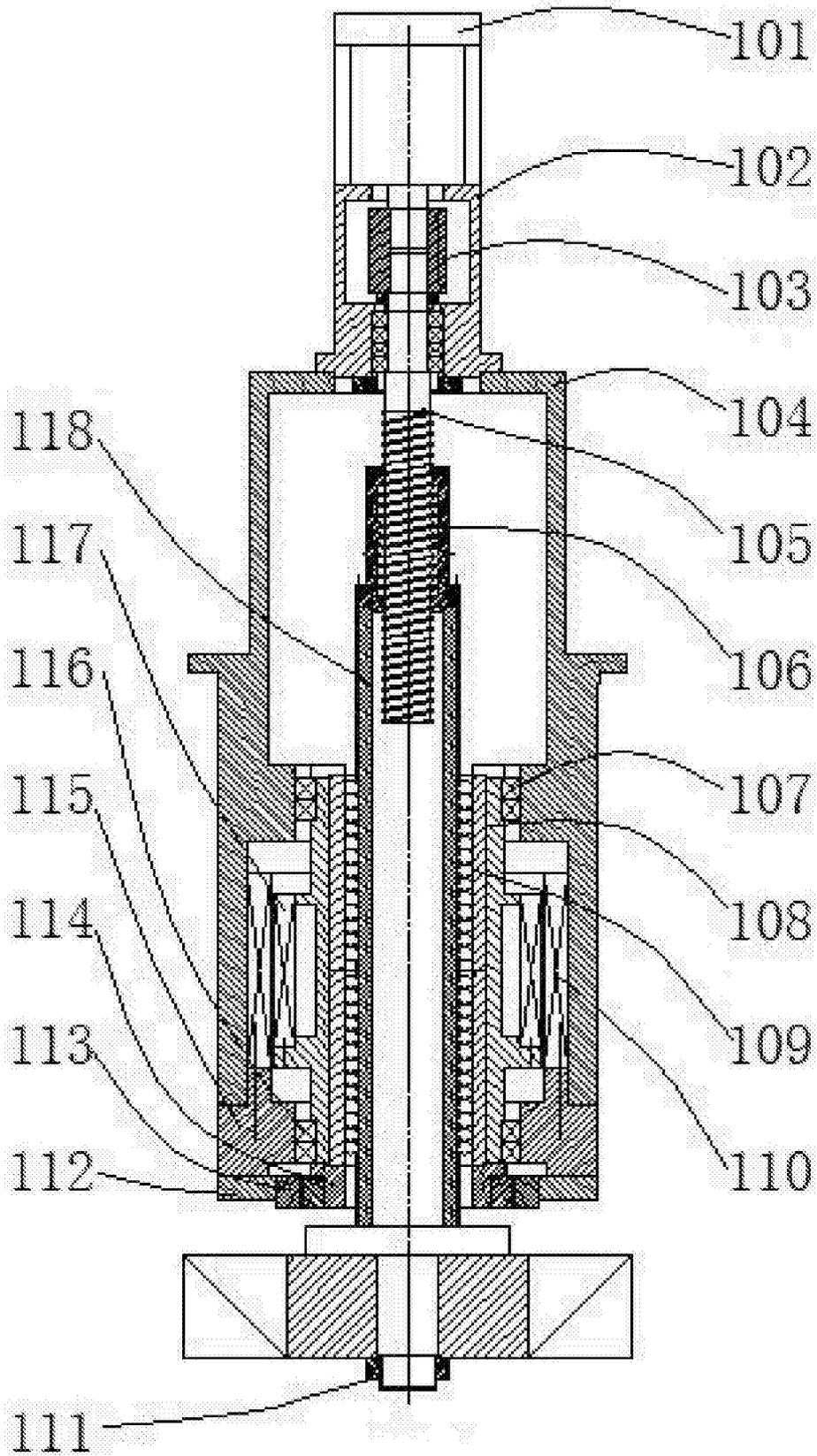


图5

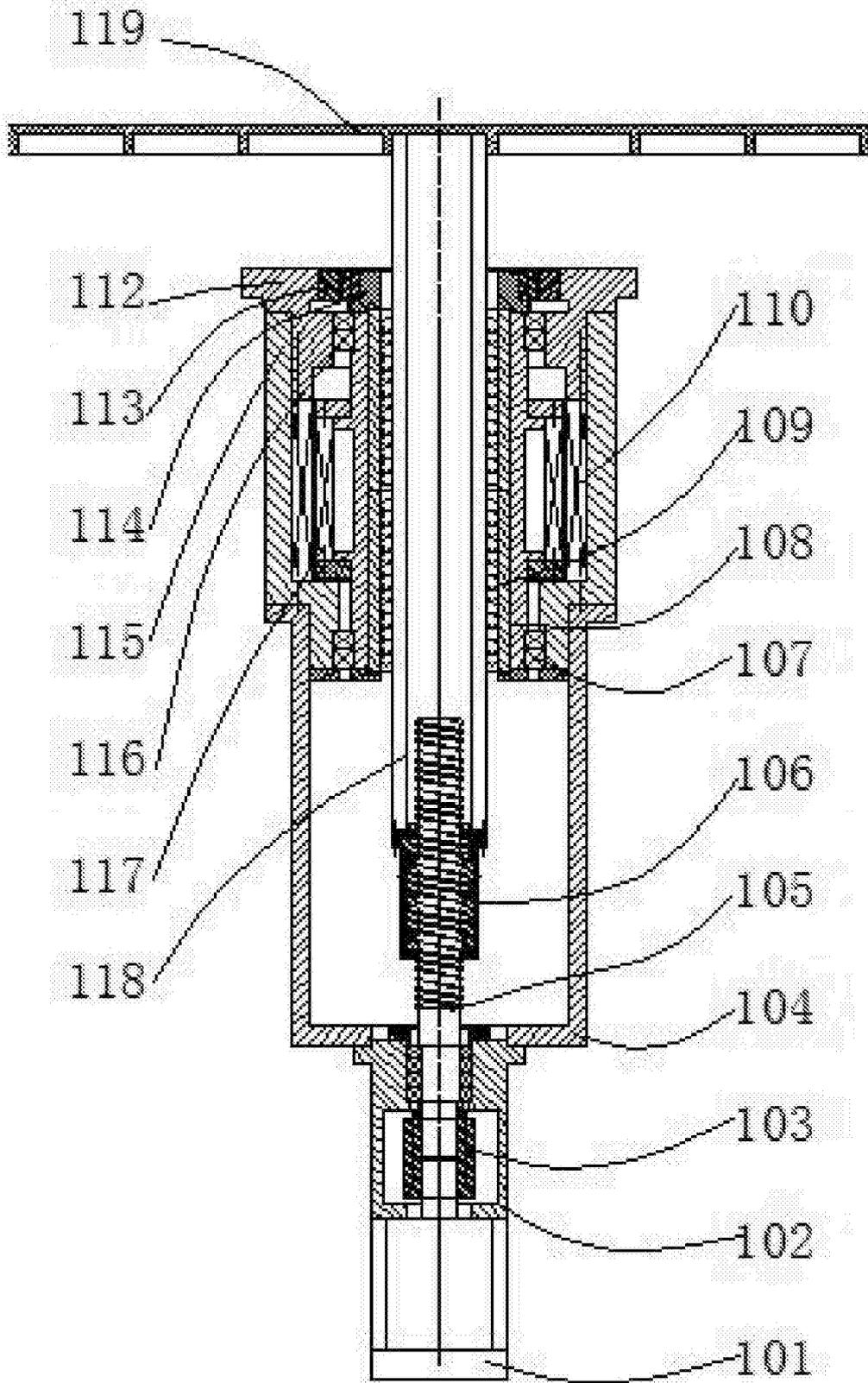


图6

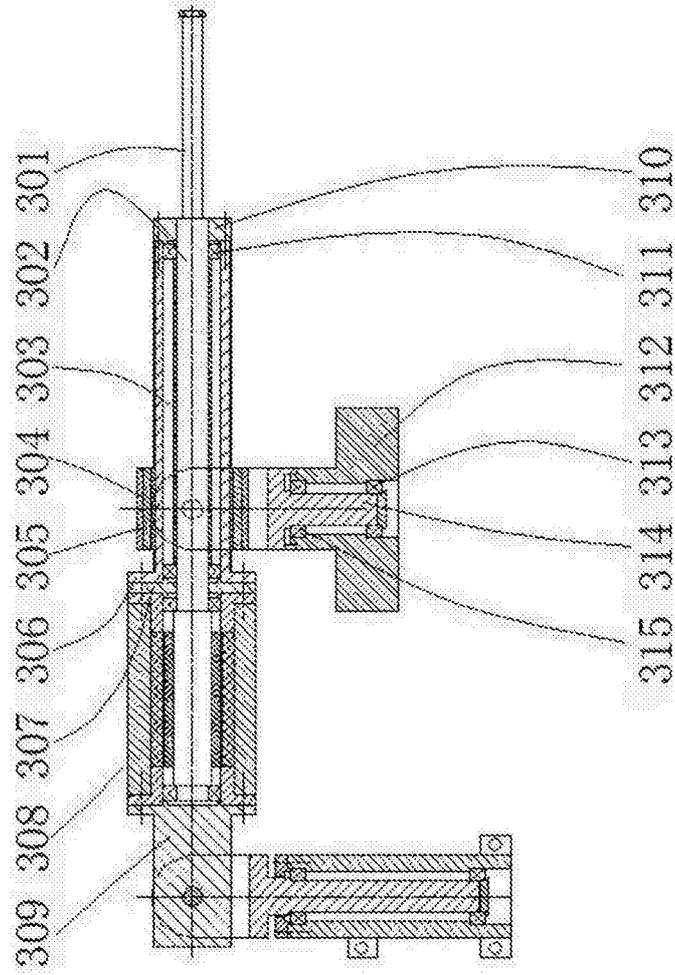


图7a

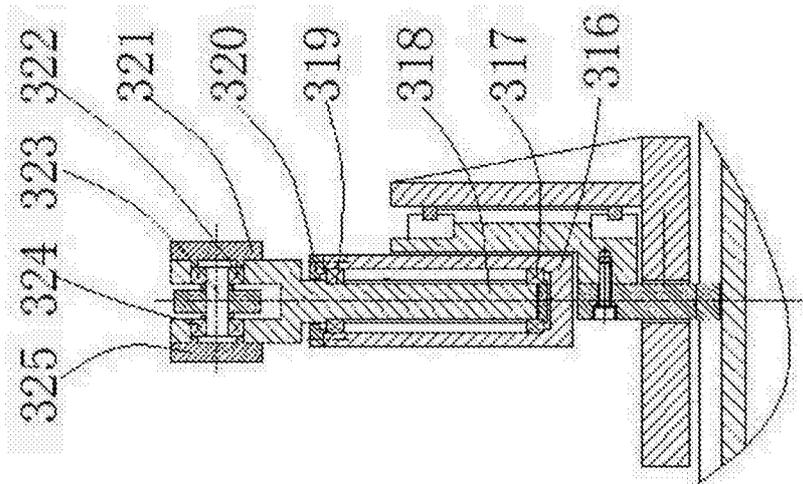


图7b

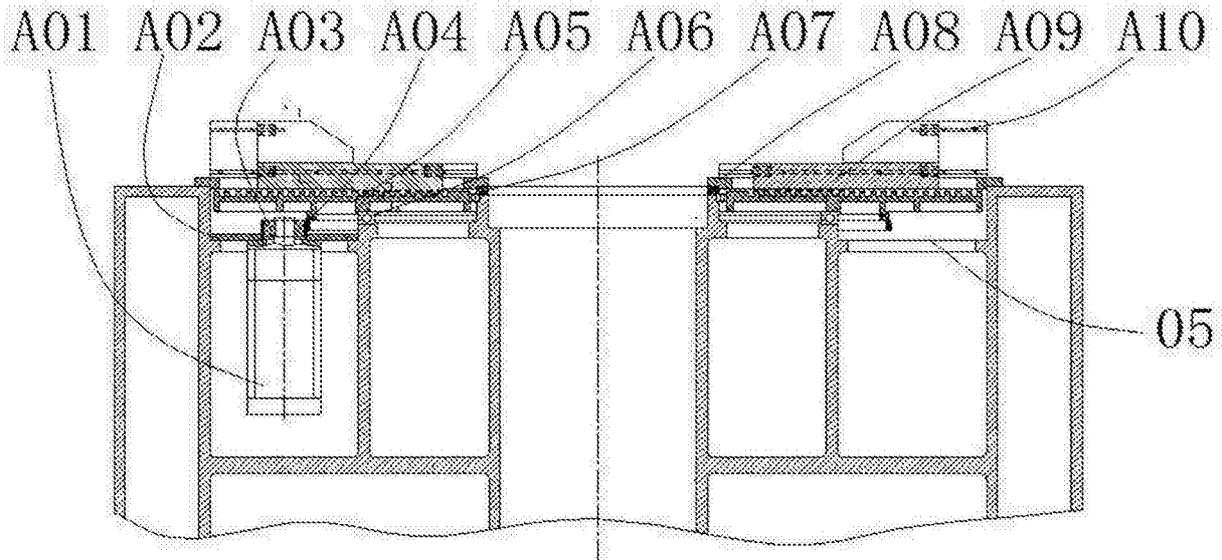


图8a

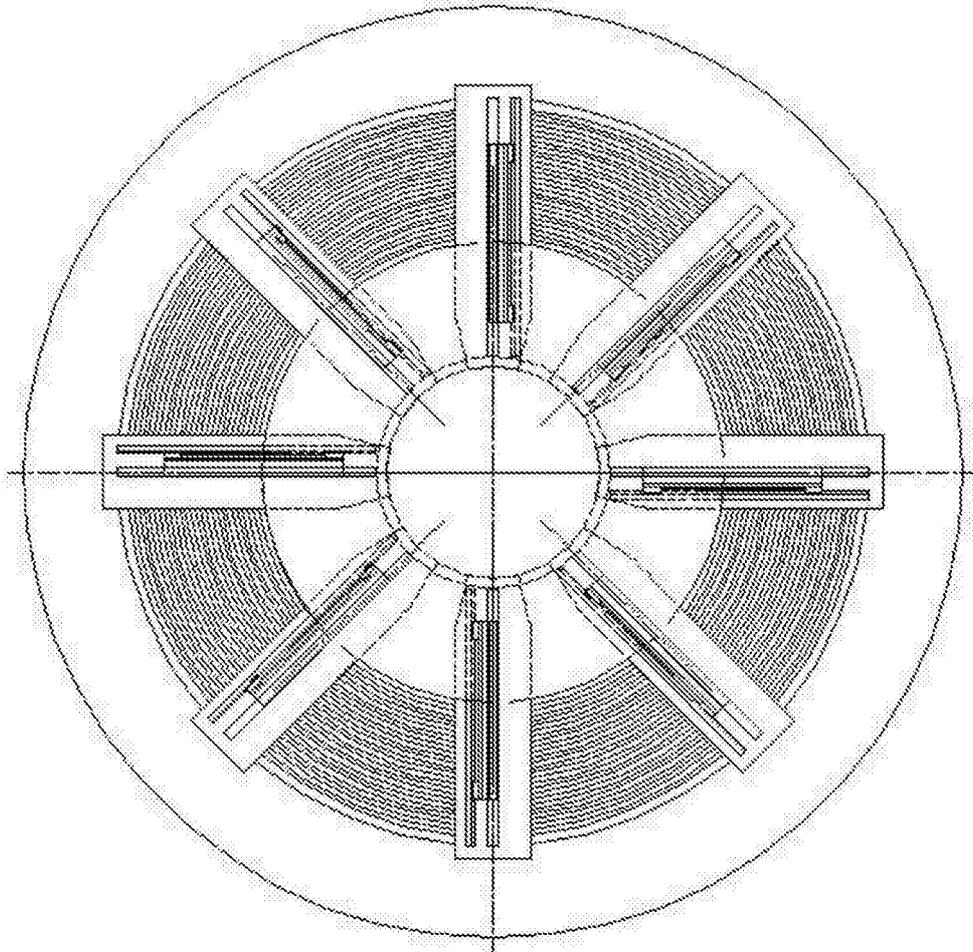


图8b

A-A

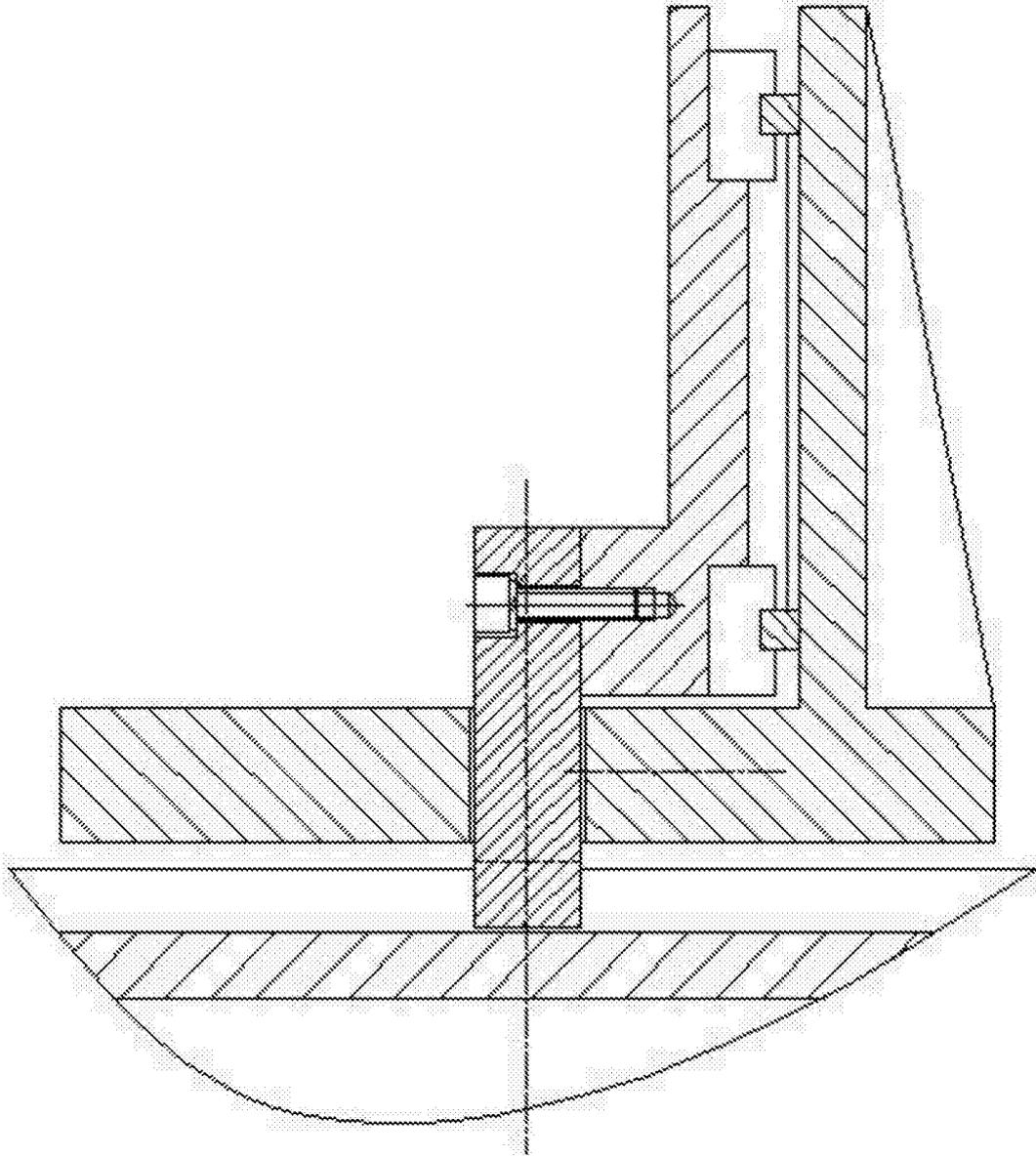


图8c

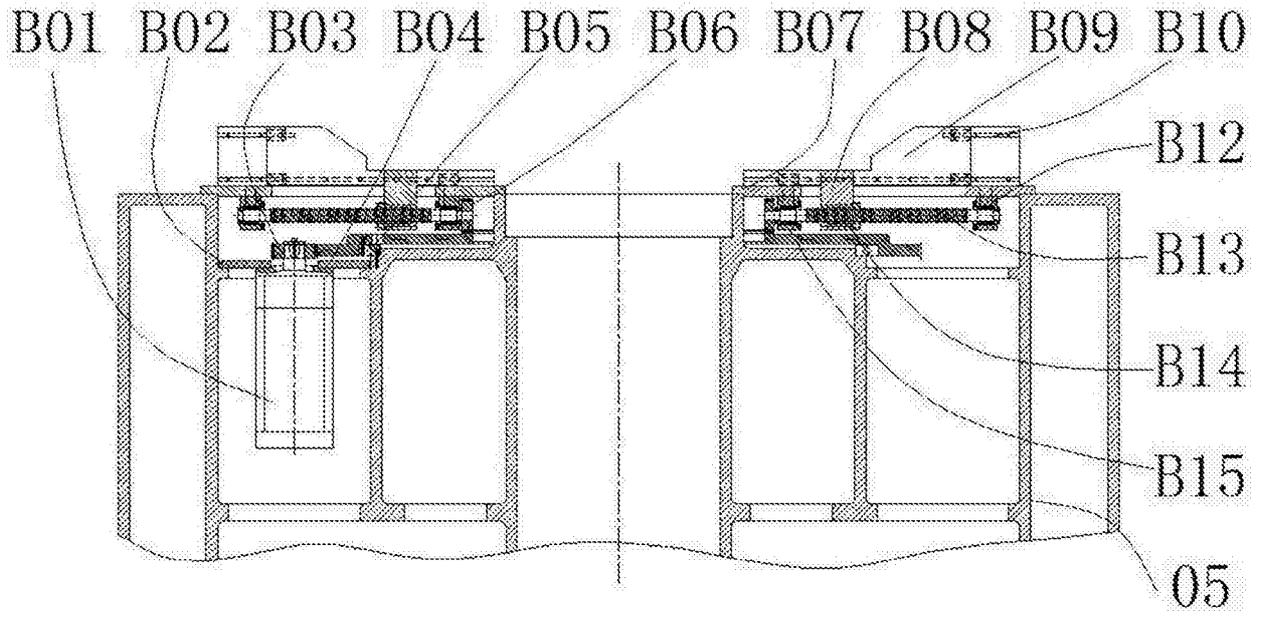


图9a

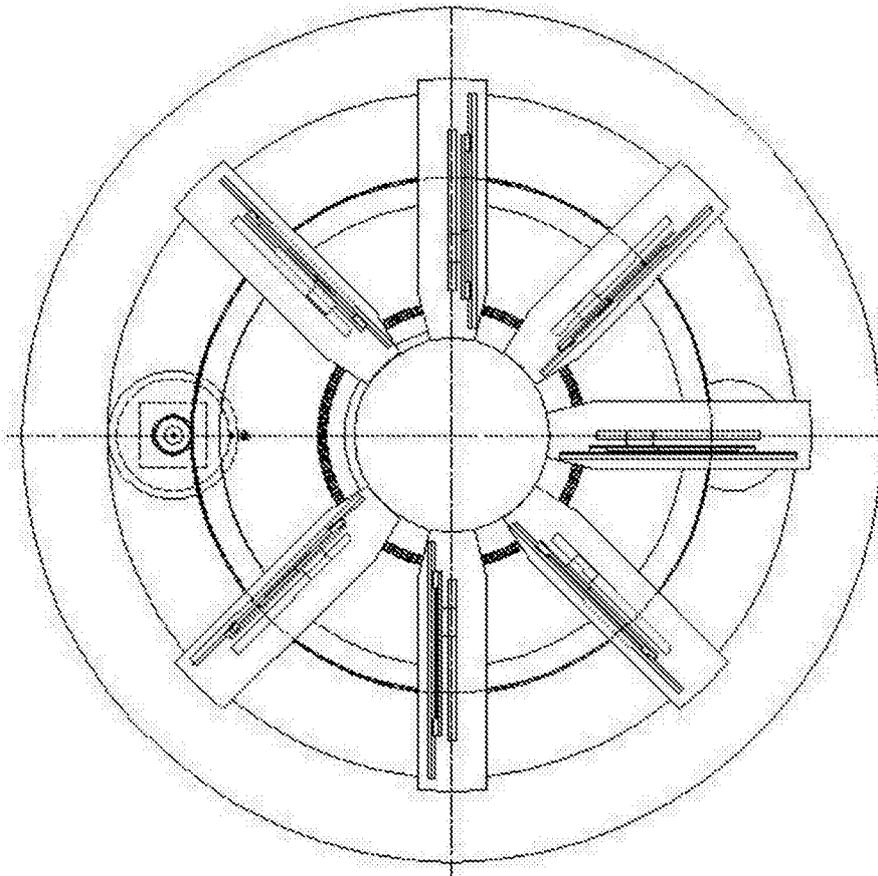


图9b

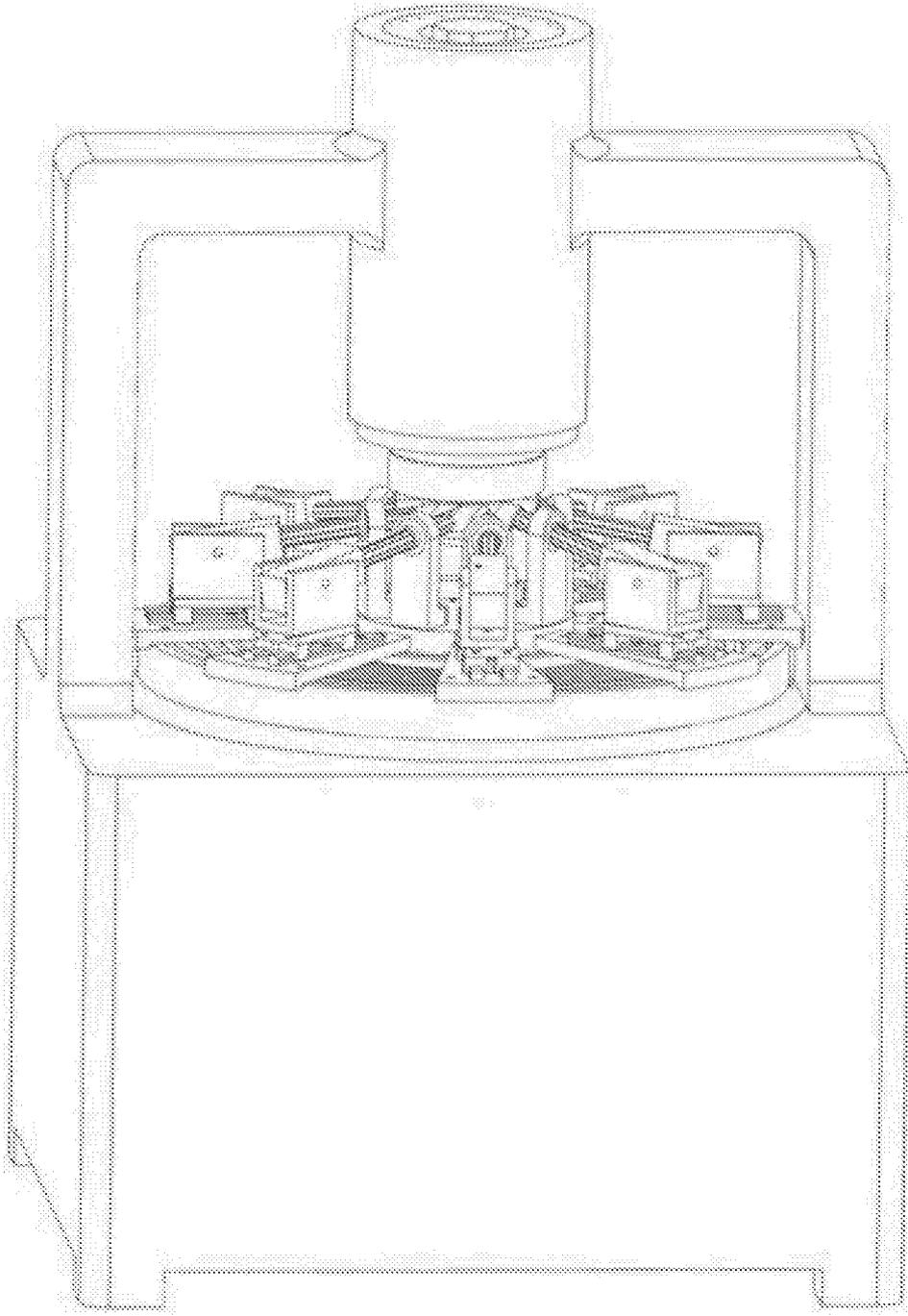


图10