



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 118254155 B

(45) 授权公告日 2025. 09. 19

(21) 申请号 202410649790.X

(22) 申请日 2024.05.23

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118254155 A

(43) 申请公布日 2024.06.28

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

专利权人 人工智能与数字经济广东省实验  
室(广州)

(72) 发明人 李静蓉 胡丁群 王清辉 池梓鹏  
方道鑫

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

专利代理师 付茵茵

(51) Int.Cl.

B25J 9/12 (2006.01)

B25J 9/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1792572 A, 2006.06.28

CN 109968379 A, 2019.07.05

审查员 杨喜飞

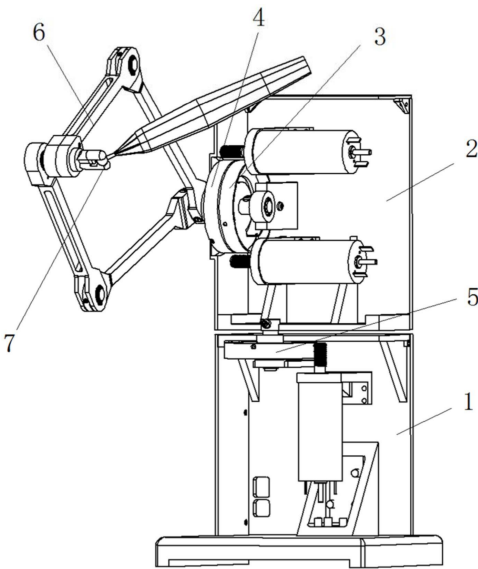
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54) 发明名称

一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力  
反馈设备

(57) 摘要

本发明涉及一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,包括固定底座、转动平台、第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构、四边形连杆机构、球铰末端机构;四边形连杆机构包括依次转动式连接的第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆;球铰末端机构包括末端连接装置和内设陀螺仪传感器的末端操作手柄,末端连接装置安装在四边形连杆机构远离驱动端的一端;第三丝传动机构驱动转动平台在水平面上转动,第一丝传动机构驱动第一驱动杆摆动,第二丝传动机构驱动第二驱动杆摆动;三个丝传动机构均包括电机,电机末端有编码器。本发明增加力反馈设备的运动自由度,提高力反馈设备的灵活性和稳定性,属于力反馈技术领域。



1. 一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,其特征在于:包括固定底座、转动平台、第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构、四边形连杆机构、球铰末端机构;

四边形连杆机构包括依次转动式连接的第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆,第二驱动杆再与第一驱动杆在驱动端转动式连接;

球铰末端机构包括通过球铰相互连接的末端连接装置和末端操作手柄,末端操作手柄内设置获取空间三维倾角和角加速度信息的陀螺仪传感器,末端连接装置安装在四边形连杆机构远离驱动端的一端;

转动平台设置在固定底座的上方,第三丝传动机构驱动转动平台相对于固定底座在水平面上转动,第一丝传动机构驱动第一驱动杆相对于转动平台在竖直平面上摆动,第二丝传动机构驱动第二驱动杆相对于转动平台在该竖直平面内侧的另一竖直平面上摆动;

第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构均包括电机,电机的末端设有获取电机驱动轴转向和转速的编码器;

末端连接装置包括底座、球铰固定端、球铰活动端、螺纹杆、轴承;底座固定在第二被动杆上,底座上开有螺纹孔;球铰固定端包括基座和位于基座端面的夹持部,基座端面还设有磁铁,基座开有贯穿的螺纹孔,螺纹杆穿过基座和底座的螺纹孔,从而将球铰固定端和底座连接;螺纹杆的端部凸出于基座且套接轴承;球铰活动端包括中心转动件和固定在中心转动件一侧的另一夹持部,中心转动件套接在轴承外,夹持部的端面设有另一磁铁;当两块磁铁吸合时,两个夹持部径向正对,夹持末端操作手柄端部的球体。

2. 按照权利要求1所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,其特征在于:通过陀螺仪传感器与编码器共同作用,提供六自由度的运动输入与输出,实时捕捉末端操作手柄的空间位置与姿态,输出末端操作手柄的位置与姿态信息。

3. 按照权利要求1所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,其特征在于:第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构结构相同,均包括电机、联轴器、钢丝、绕线盘组件、动力输出件,电机的驱动轴接联轴器,联轴器与绕线盘组件之间通过缠绕的钢丝相接实现传动,绕线盘组件与动力输出件相接带动动力输出件同轴转动;第一丝传动机构的动力输出件为带动第一驱动杆摆动的第一转动轴,第二丝传动机构的动力输出件为带动第二驱动杆摆动的第二转动套,第三丝传动机构的动力输出件为带动转动平台转动的第三转动轴;第二转动套套接在第一转动轴外,两者同轴转动。

4. 按照权利要求3所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,其特征在于:绕线盘组件包括绕线盘、第一固定螺钉、第二定位螺钉、弹簧、挡板、绕线柱,绕线盘的圆周侧壁上设有第一通线孔和第二通线孔,第二定位螺钉和绕线柱设置在绕线盘上同一直径方向上,弹簧的一端通过第一固定螺钉固定在绕线盘上,挡板设置在弹簧的一侧;钢丝的一端固定在第二定位螺钉上,随后穿过第二通线孔,再紧贴绕线盘的圆周外侧后,缠绕在联轴器上,随后穿过第一通线孔,缠绕在绕线柱上,再紧贴挡板的弧形外侧后,最后接弹簧另一端。

5. 按照权利要求3所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,其特征在于:还包括限制绕线盘组件转角的限位结构。

6. 按照权利要求3所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,其特征

在于：

第一丝传动机构中，第一转动轴穿过绕线盘组件的中心，第一转动轴与绕线盘组件固定连接；

第二丝传动机构中，第二转动套固定在绕线盘组件的中心，且绕线盘组件的中心设有供第一转动轴穿过的第一通孔；

第一丝传动机构的绕线盘组件位于第二丝传动机构的绕线盘组件内侧。

7.按照权利要求3所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备，其特征在于：第一丝传动机构的电机驱动轴水平设置，第二丝传动机构的电机驱动轴水平设置，第三丝传动机构的电机驱动轴竖直设置。

8.按照权利要求1所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备，其特征在于：四边形连杆机构中，第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆的长度均相等。

9.按照权利要求1所述的一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备，其特征在于：

固定底座为立方体结构，包括底板、背板、侧板、顶板，背板和底板之间设有加强肋板，背板和顶板之间设有加强肋板，第三丝传动机构的电机固定在背板上；

转动平台为立方体结构，包括底板、背板、侧板、顶板，背板和底板之间设有加强肋板，背板和顶板之间设有加强肋板，第一丝传动机构和第二丝传动机构的电机均固定在背板上。

## 一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及力反馈设备技术领域,尤其涉及一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备。

### 背景技术

[0002] 实时的力触觉交互是虚拟现实技术的重要的发展方向。传统的虚拟现实交互主要依赖视听感知,只能从虚拟环境中获取信息,而力触觉交互则能够实时与虚拟环境进行双向信息交互,极大地提升了虚拟现实技术的创造性。力反馈设备为人与虚拟环境的人机交互提供了接口,是虚拟现实技术系统重要组成部分,力反馈设备提升虚拟现实技术系统的真实性和交互性。

[0003] 目前国内外已经有相关机构进行力反馈设备的研究开发工作,经过对现有技术的文献检索发现,瑞士Force Dimension公司的Delta系列产品是一种并联式力反馈机械臂具有三个运动自由度,能够在三个运动自由度上进行反馈力操作,该设备体积较大并且自由度较低,不能够捕捉操作者手部的旋转倾斜等姿态变化,且该产品由于工艺与原材料等原因价格较为昂贵。美国SensAble Technologies公司PHANTOM串联式力反馈器,其运动过程中存在较多死点,并且设备刚度较低。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的技术问题,本发明的目的是:提供一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,增加力反馈设备的运动自由度,提高力反馈设备的灵活性和稳定性。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,包括固定底座、转动平台、第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构、四边形连杆机构、球铰末端机构;四边形连杆机构包括依次转动式连接的第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆,第二驱动杆再与第一驱动杆在驱动端转动式连接;球铰末端机构包括通过球铰相互连接的末端连接装置和末端操作手柄,末端操作手柄内设置获取空间三维倾角和角加速度信息的陀螺仪传感器,末端连接装置安装在四边形连杆机构远离驱动端的一端;转动平台设置在固定底座的上方,第三丝传动机构驱动转动平台相对于固定底座在水平面上转动,第一丝传动机构驱动第一驱动杆相对于转动平台在竖直平面上摆动,第二丝传动机构驱动第二驱动杆相对于转动平台在该竖直平面内侧的另一竖直平面上摆动;第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构均包括电机,电机的末端设有获取电机驱动轴转向和转速的编码器。

[0007] 作为一种优选,力反馈设备通过陀螺仪传感器与编码器共同作用,提供六自由度的运动输入与输出,实时捕捉末端操作手柄的空间位置与姿态,输出末端操作手柄的位置与姿态信息。

[0008] 作为一种优选,第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构结构相同,均

包括电机、联轴器、钢丝、绕线盘组件、动力输出件,电机的驱动轴接联轴器,联轴器与绕线盘组件之间通过缠绕的钢丝相接实现传动,绕线盘组件与动力输出件相接带动动力输出件同轴转动;第一丝传动机构的动力输出件为带动第一驱动杆摆动的第一转动轴,第二丝传动机构的动力输出件为带动第二驱动杆摆动的第二转动套,第三丝传动机构的动力输出件为带动转动平台转动的第三转动轴;第二转动套套接在第一转动轴外,两者同轴转动。

[0009] 作为一种优选,绕线盘组件包括绕线盘、第一固定螺钉、第二定位螺钉、弹簧、挡板、绕线柱,绕线盘的圆周侧壁上设有第一通线孔和第二通线孔,第二定位螺钉和绕线柱设置在绕线盘上同一直径方向上,弹簧的一端通过第一固定螺钉固定在绕线盘上,挡板设置在弹簧的一侧;钢丝的一端固定在第二定位螺钉上,随后穿过第二通线孔,再紧贴绕线盘的圆周外侧后,缠绕在联轴器上,随后穿过第一通线孔,缠绕在绕线柱上,再紧贴挡板的弧形外侧后,最后接弹簧另一端。

[0010] 作为一种优选,力反馈设备还包括限制绕线盘组件转角的限位结构。

[0011] 作为一种优选,第一丝传动机构中,第一转动轴穿过绕线盘组件的中心,第一转动轴与绕线盘组件固定连接;第二丝传动机构中,第二转动套固定在绕线盘组件的中心,且绕线盘组件的中心设有供第一转动轴穿过的第一通孔;第一丝传动机构的绕线盘组件位于第二丝传动机构的绕线盘组件内侧。

[0012] 作为一种优选,第一丝传动机构的电机驱动轴水平设置,第二丝传动机构的电机驱动轴水平设置,第三丝传动机构的电机驱动轴竖直设置。

[0013] 作为一种优选,四边形连杆机构中,第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆的长度均相等。

[0014] 作为一种优选,末端连接装置包括底座、球铰固定端、球铰活动端、螺纹杆、轴承;底座固定在第二被动杆上,底座上开有螺纹孔;球铰固定端包括基座和位于基座端面的夹持部,基座端面还设有磁铁,基座开有贯穿的螺纹孔,螺纹杆穿过基座和底座的螺纹孔,从而将球铰固定端和底座连接;螺纹杆的端部凸出于基座且套接轴承;球铰活动端包括中心转动件和固定在中心转动件一侧的另一夹持部,中心转动件套接在轴承外,夹持部的端面设有另一磁铁;当两块磁铁吸合时,两个夹持部径向正对,夹持末端操作手柄端部的球体。

[0015] 作为一种优选,固定底座为立方体结构,包括底板、背板、侧板、顶板,背板和底板之间设有加强肋板,背板和顶板之间设有加强肋板,第三丝传动机构的电机固定在背板上;转动平台为立方体结构,包括底板、背板、侧板、顶板,背板和底板之间设有加强肋板,背板和顶板之间设有加强肋板,第一丝传动机构和第二丝传动机构的电机均固定在背板上。

[0016] 本发明的工作原理:现有技术采用的并联式结构是由一个delta结构实现末端的三个移动自由度,而本发明是由第三丝传动机构、第二丝传动机构、第一丝传动机构、四边形连杆机构、球铰末端机构依次串联的方式来实现末端操作手柄的移动自由度和旋转自由度的。操作者在使用过程中,手持末端操作手柄进行运动,陀螺仪传感器能够捕捉到末端操作手柄的三个方向的转动自由度,同时四边形连杆机构发生偏移,偏移量传送给三个丝传动机构,编码器检测到角度的变化,通过四边形连杆机构的两个移动自由度和转动平台的一个转动自由度联动计算得出的末端操作手柄三个方向的移动自由度;根据正向运动学分析计算实时得到末端操作手柄的空间位置与姿态,进而捕捉操作者手部的空间位置和姿态。虚拟控制系统根据末端操作手柄的位置和姿态信息,通过三个丝传动机构传动作用于

四边形连杆机构,在三个移动自由度方向综合实时施加力反馈作用于末端操作手柄。

[0017] 总的说来,本发明具有如下优点:

[0018] (1) 力反馈设备通过丝传动驱动第一驱动杆和第二驱动杆在驱动端同轴摆动和通过丝传动驱动转动平台转动,并通过四边形连杆机构作用于球铰末端机构,机构关节灵巧、结构紧凑,使本发明的传动方式运行地更稳定、精度更高,设备的刚度更高。

[0019] (2) 本发明的电机布局和传动布局,使传动结构更紧凑,设备体积更小,适用更多的场合。

[0020] (3) 四边形连杆机构结构简单易制造装配和维修,稳定性好,具有高刚度和高精度等优点;而且对称式的四边形连杆机构的驱动力臂等长,提高了传动的稳定性和设备的刚度。

[0021] (4) 末端连接装置和末端操作手柄通过球铰相互连接,消除了传统串联式末端操作手柄运动过程中的死点,具有更高的灵活度,使设备运行更加顺畅。

[0022] (5) 末端连接装置的球铰固定端和球铰活动端分别设置磁铁,形成磁吸式可开合的球铰连接端口,便于末端操作手柄的端部的安装与拆卸。

[0023] (6) 使用主动重力补偿算法,通过电机输出扭矩对四边形连杆机构的自重进行抵消,减少了设备的运动惯性,让使用者体验更真实的力觉效果。

[0024] (7) 弹簧用于钢丝的适度张紧和调节,使钢丝始终保持张紧状态。

[0025] (8) 限位结构限制绕线盘组件的转角,防止过渡旋转拉断钢丝线。

[0026] (9) 钢丝线的交叉绕线形式增加了包角,减少打滑的发生,且交叉形式对称性更好,可以相互抵消部分径向力,降低联轴器负载,使传动更加平稳,延长联轴器的寿命。

## 附图说明

[0027] 图1为该力反馈设备的结构示意图。

[0028] 图2为除去球铰末端机构的结构示意图。

[0029] 图3为第三丝传动机构的结构示意图。

[0030] 图4为第三丝传动机构的剖视图。

[0031] 图5为绕线盘组件的绕线示意图。

[0032] 图6为第一丝传动机构与第二丝传动机构与四边形连杆机构连接的剖视图。

[0033] 图7为第一丝传动机构的轴承座位置示意图。

[0034] 图8为第二丝传动机构的示意图。

[0035] 图9为球铰末端机构的示意图。

[0036] 图10为球铰固定端的磁铁位置示意图。

[0037] 图11为除去底座的末端连接装置的展开状态示意图。

[0038] 图12为除去底座的末端连接装置的剖视图。

[0039] 图13为第一被动杆与第二被动杆转动连接端的剖视图。

[0040] 图14为第一驱动杆与第一被动杆转动连接端的剖视图。

[0041] 图15为电机连接编码器的示意图。

[0042] 其中:1固定底座、2转动平台、3第一丝传动机构、4第二丝传动机构、5第三丝传动机构、6四边形连杆机构、7球铰末端机构;

- [0043] 1-1第二支撑架;
- [0044] 2-1第一支撑架、2-2第一轴承;
- [0045] 3-1第一转动轴、3-2第二轴承、3-3轴承座、3-4第一限位螺钉;
- [0046] 4-1第二转动套、4-2第三轴承、4-3端盖、4-4 180度环形限位槽;
- [0047] 5-1电机、5-2联轴器、5-3钢丝、5-4绕线盘组件、5-5第三转动轴、5-6绕线盘、5-7第一固定螺钉、5-8第二定位螺钉、5-9弹簧、5-10绕线柱、5-11挡板、5-12限位挡板、5-13第一凸台、5-14限位轴承座;5-15锁紧螺钉、5-16编码器、5-17编码器底座、5-18编码器码盘联轴器、5-19码盘、5-20编码器电路板、5-21编码器垫片;
- [0048] 6-1第一驱动杆、6-2第一被动杆、6-3第二被动杆、6-4第二驱动杆、6-5第一短轴、6-6第二短轴、6-7第二凸台、6-8槽口;
- [0049] 7-1底座、7-2球铰固定端、7-3球铰活动端、7-4螺纹杆、7-5轴承、7-6夹持部、7-7磁铁、7-8中心转动件、7-9基座。

### 具体实施方式

[0050] 下面将结合具体实施方式来对本发明做进一步详细的说明。

[0051] 一种同轴双力臂传动的六自由度串联式力反馈设备,为虚拟现实等场景的人机交互提供具有力觉的交互接口,包括固定底座、转动平台、第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构、四边形连杆机构、球铰末端机构;四边形连杆机构包括依次转动式连接的第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆,第二驱动杆再与第一驱动杆在驱动端转动式连接;球铰末端机构包括通过球铰相互连接的末端连接装置和末端操作手柄,末端操作手柄内设置获取空间三维倾角和角加速度信息的陀螺仪传感器,末端连接装置安装在四边形连杆机构远离驱动端的一端;转动平台设置在固定底座的上方,第三丝传动机构驱动转动平台相对于固定底座在水平面上转动,第一丝传动机构驱动第一驱动杆相对于转动平台在竖直平面上摆动,第二丝传动机构驱动第二驱动杆相对于转动平台在该竖直平面内侧的另一竖直平面上摆动;第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构均包括电机,电机的末端设有获取电机驱动轴转向和转速的编码器。

[0052] 编码器设置在电机的非驱动端,编码器包括编码器底座、编码器码盘联轴器、码盘、编码器电路板;电机包括编码器垫片;编码器底座固定在编码器垫片上,编码器码盘联轴器与驱动轴同轴固定,码盘通过胶水同轴粘合在编码器码盘联轴器上,编码器电路板安放在编码器底座上。

[0053] 力反馈设备通过陀螺仪传感器与编码器共同作用,提供六自由度的运动输入与输出,实时捕捉末端操作手柄的空间位置与姿态,输出末端操作手柄的位置与姿态信息。

[0054] 第一丝传动机构、第二丝传动机构、第三丝传动机构结构相同,均包括电机、联轴器、钢丝、绕线盘组件、动力输出件,电机的驱动轴接联轴器,驱动轴与联轴器通过紧定螺钉固定且同轴同步转动,联轴器与绕线盘组件之间通过缠绕的钢丝相接实现传动,绕线盘组件与动力输出件相接带动动力输出件同轴转动;第一丝传动机构的动力输出件为带动第一驱动杆摆动的第一转动轴,第二丝传动机构的动力输出件为带动第二驱动杆摆动的第二转动套,第三丝传动机构的动力输出件为带动转动平台转动的第三转动轴;第二转动套套接在第一转动轴外,两者同轴转动。

[0055] 绕线盘组件包括绕线盘、第一固定螺钉、第二定位螺钉、弹簧、挡板、绕线柱,绕线盘的圆周侧壁上设有第一通线孔和第二通线孔,第二定位螺钉和绕线柱设置在绕线盘上同一直径方向上,弹簧的一端通过第一固定螺钉固定在绕线盘上,挡板设置在弹簧的一侧;钢丝的一端固定在第二定位螺钉上,随后穿过第二通线孔,再紧贴绕线盘的圆周外侧后,缠绕在联轴器上,随后穿过第一通线孔,缠绕在绕线柱上,再紧贴挡板的弧形外侧后,最后接弹簧另一端。绕线柱限制钢丝线的位置,使钢丝线传动更顺滑,减少摩擦。

[0056] 第一丝传动机构中,第一转动轴穿过绕线盘组件的中心,第一转动轴与绕线盘组件固定连接;第二丝传动机构中,第二转动套固定在绕线盘组件的中心,且绕线盘组件的中心设有供第一转动轴穿过的第一通孔;第一丝传动机构的绕线盘组件位于第二丝传动机构的绕线盘组件内侧。

[0057] 第一丝传动机构的电机驱动轴水平设置,第二丝传动机构的电机驱动轴水平设置,第三丝传动机构的电机驱动轴竖直设置。

[0058] 四边形连杆机构中,第一驱动杆、第一被动杆、第二被动杆、第二驱动杆的长度均相等。

[0059] 四边形连杆机构的上下两个连接端为第一驱动杆与第一被动杆转动式连接、第二驱动杆与第二被动杆转动式连接,上下两个连接端的转动式连接结构相同。四边形连杆机构还包括第一短轴;第一驱动杆远离驱动端的一端设置第二凸台,第二凸台分别凸出第一驱动杆的两侧面,第二凸台内开设第三通孔,第一被动杆靠近驱动端的一端开设槽口形成左右对称的两个夹板,夹板开设第四通孔并安装轴承,第一驱动杆穿进槽口内,第二凸台抵接在轴承内沿上,第一短轴从左到右穿进轴承的内孔、第三通孔、另一个轴承内孔,卡在第一短轴上的两个轴承挡圈分别固定左右两个轴承的外侧,通过螺钉将第一驱动杆与第一短轴固定连接实现第一驱动杆与第一被动杆转动式连接。

[0060] 四边形连杆机构远离驱动端的一端的转动式连接结构,为第一被动杆和第二被动杆的转动式连接,四边形连杆机构还包括第二短轴;第一被动杆和第二被动杆的连接端均开设第五通孔,第五通孔内置轴承,第二短轴穿进两个第四通孔的轴承内孔,卡在第二短轴上的四个轴承挡圈分别对应固定轴承防止往外移,从而实现第一被动杆和第二被动杆的转动式连接。

[0061] 末端连接装置包括底座、球铰固定端、球铰活动端、螺纹杆、轴承;底座固定在第二被动杆上,底座上开有螺纹孔;球铰固定端包括基座和位于基座端面的夹持部,基座端面还设有磁铁,基座开有贯穿的螺纹孔,螺纹杆穿过基座和底座的螺纹孔,从而将球铰固定端和底座连接;螺纹杆的端部凸出于基座且套接轴承;球铰活动端包括中心转动件和固定在中心转动件一侧的另一夹持部,中心转动件套接在轴承外,夹持部的端面设有另一磁铁;当两块磁铁吸合时,两个夹持部径向正对,夹持末端操作手柄端部的球体。

[0062] 固定底座为立方体结构,包括底板、背板、侧板、顶板,侧板通过螺钉安装在底板上,背板通过螺钉安装在底板上,背板和底板之间设有加强肋板,顶板通过螺钉安装在背板和侧板顶面上,背板和顶板之间设有加强肋板,第三丝传动机构的电机固定在背板上;

[0063] 转动平台为立方体结构,包括底板、背板、侧板、顶板,侧板通过螺钉安装在底板上,背板通过螺钉安装在底板上,背板和底板之间设有加强肋板,顶板通过螺钉安装在背板和侧板顶面上,背板和顶板之间设有加强肋板,第一丝传动机构和第二丝传动机构的电机



均固定在背板上。

[0064] 第一丝传动机构的绕线盘为第一绕线盘,第二丝传动机构的绕线盘为第二绕线盘,第三丝传动机构的绕线盘为第三绕线盘。

[0065] 在转动平台的背板上安装两个第一支撑架,第一丝传动机构和第二丝传动机构的电机均通过螺钉分别固定在两个第一支撑架上,第一丝传动机构的电机位于绕线盘组件的下方,第二丝传动机构的电机位于绕线盘组件的上方;在固定底座的背板上安装第二支撑架,第三丝传动机构的电机通过螺钉固定在第二支撑架上;第三丝传动机构的电机为有刷空心杯直流伺服电机。

[0066] 竖放的第一绕线盘和第二绕线盘在转动平台的侧板内侧,第一绕线盘与第二绕线盘并排且同轴,第二转动套的第一通孔左右两端各设置一个轴承孔,轴承孔上安装第三轴承;转动平台的侧板开设第一台阶通孔,第一台阶通孔内安装第一轴承,固定第一轴承的端盖安装在转动平台的侧板外壁;第二转动套从内往外穿进第一轴承的内孔;在转动平台的背板上安装一轴承座并在轴承座上安装第二轴承;第一转动轴从外到内依次安装第一驱动杆、轴承挡圈、第三轴承、另一个第三轴承、轴承挡圈、第一绕线盘的中心孔、轴承挡圈、第二轴承、轴承挡圈,实现第一传动轴与第二转动套同轴转动;第二驱动杆的一端套在第二转动套的外周面上并通过螺钉与第二转动套固定连接,第一转动轴分别通过螺钉与第一驱动杆和第一绕线盘固定连接,从而实现第一绕线盘转动驱动第一驱动杆摆动、第二绕线盘转动驱动第二驱动杆摆动,且第一驱动杆与第二驱动杆的驱动端同轴摆动。

[0067] 横放的第三绕线盘位于固定底座的顶板下方,第三转动轴穿过第三绕线盘的中心,第三转动轴与第三绕线盘固定连接,固定底座的顶板上设置上宽下窄的第二台阶通孔,第二台阶通孔的上部安装第四轴承,转动平台的底板对应设置第一凸台,第一凸台往下凸出转动平台的底板底面且往下凸出的外径小于第四轴承外圈直径,第一凸台内设置第二通孔,第一凸台的底面抵接在第四轴承的内圈上沿,实现支撑转动平台且限制转动平台向下移动;第三丝传动机构还包括限位轴承座;第三转动轴从下往上依次安装轴承挡圈、限位轴承座、第三绕线盘、第二台阶通孔、第四轴承的内孔、第二通孔,通过锁紧螺钉将第三转动轴与第一凸台锁紧固定从而实现第三绕线盘转动驱动转动平台同步转动;限位轴承座支撑第三绕线盘、防止第三转动轴往上移动从而限制转动平台向上移动。

[0068] 力反馈设备还包括限制绕线盘组件转角的限位结构。

[0069] 第一绕线盘与第二绕线盘均开设180度环形限位槽,轴承座上安装第一限位螺钉,第一限位螺钉同时穿过两个180度环形限位槽实现第二绕线盘与第三绕线盘的转动限位。

[0070] 第三丝传动机构中,第三绕线盘的底盘中心处固定一个限位挡板,转动平台的底板底面安装一个第二限位螺钉,第三绕线盘旋转时,第二限位螺钉与限位挡板碰撞,实现第三绕线盘的转动限位,使第三绕线盘在180度范围内旋转。

[0071] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

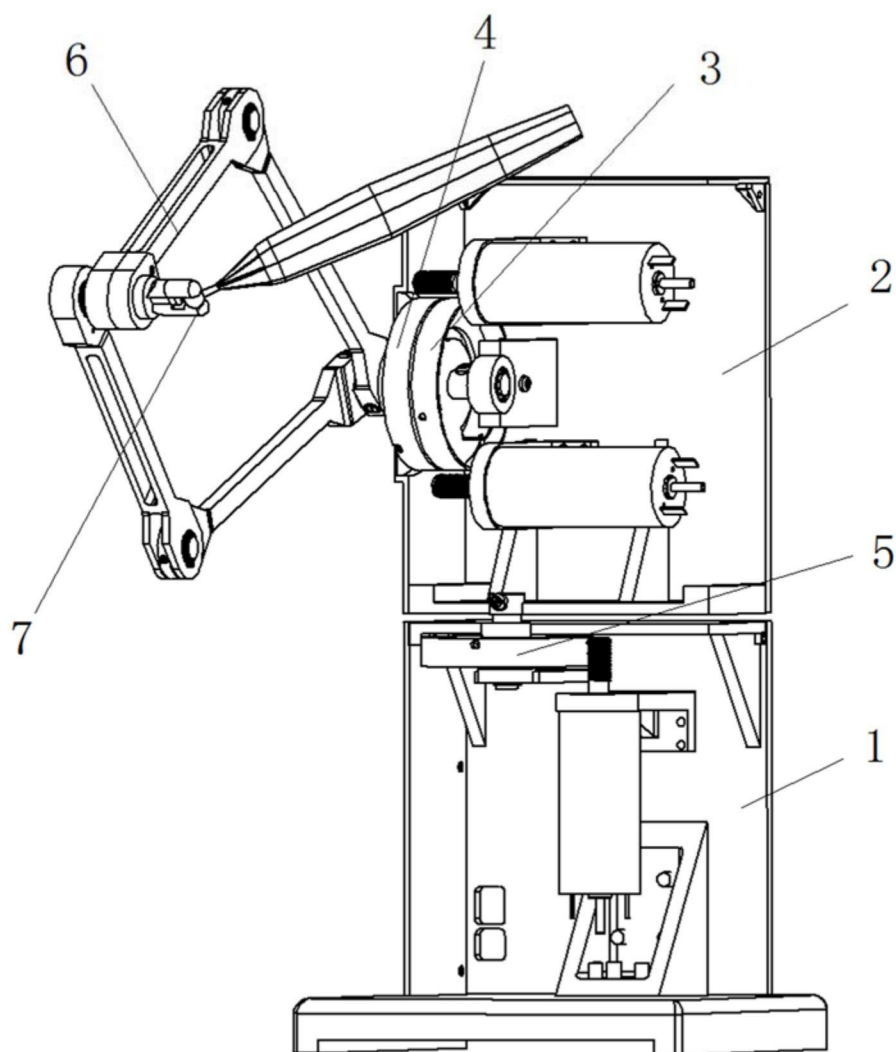


图1

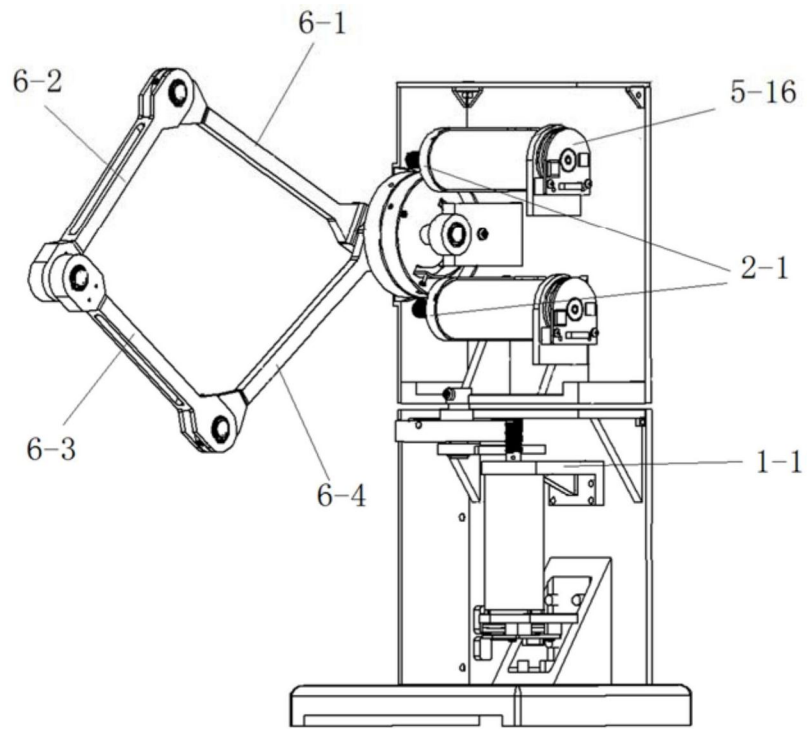


图2

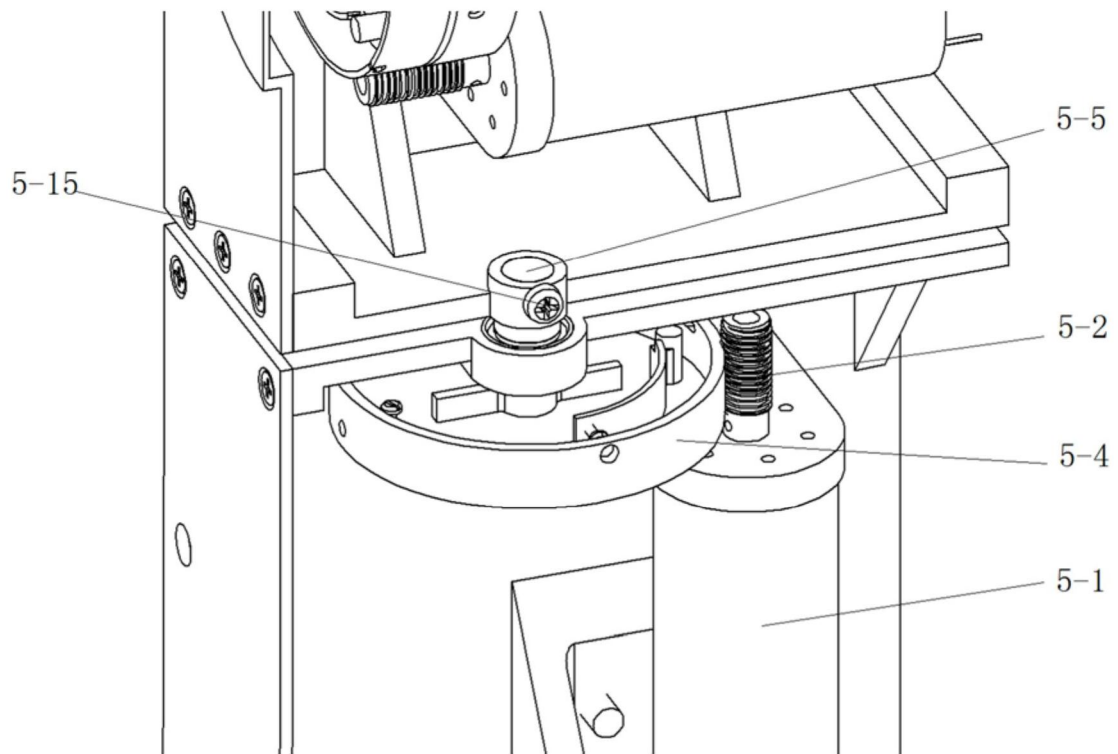


图3

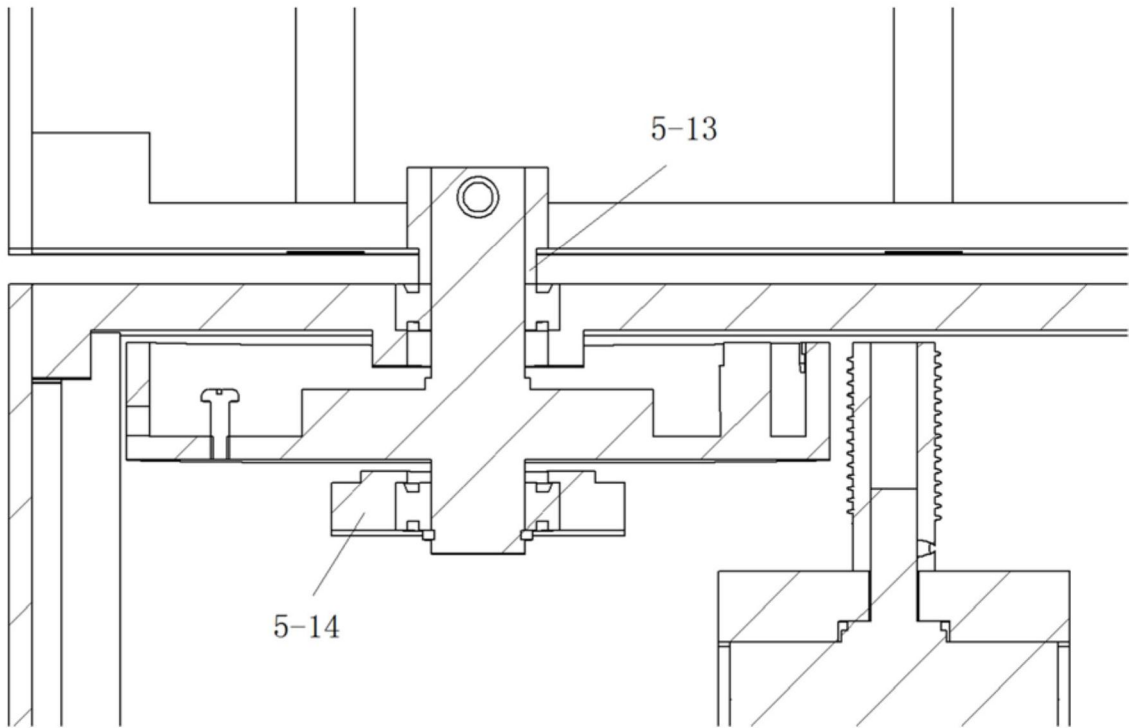


图4

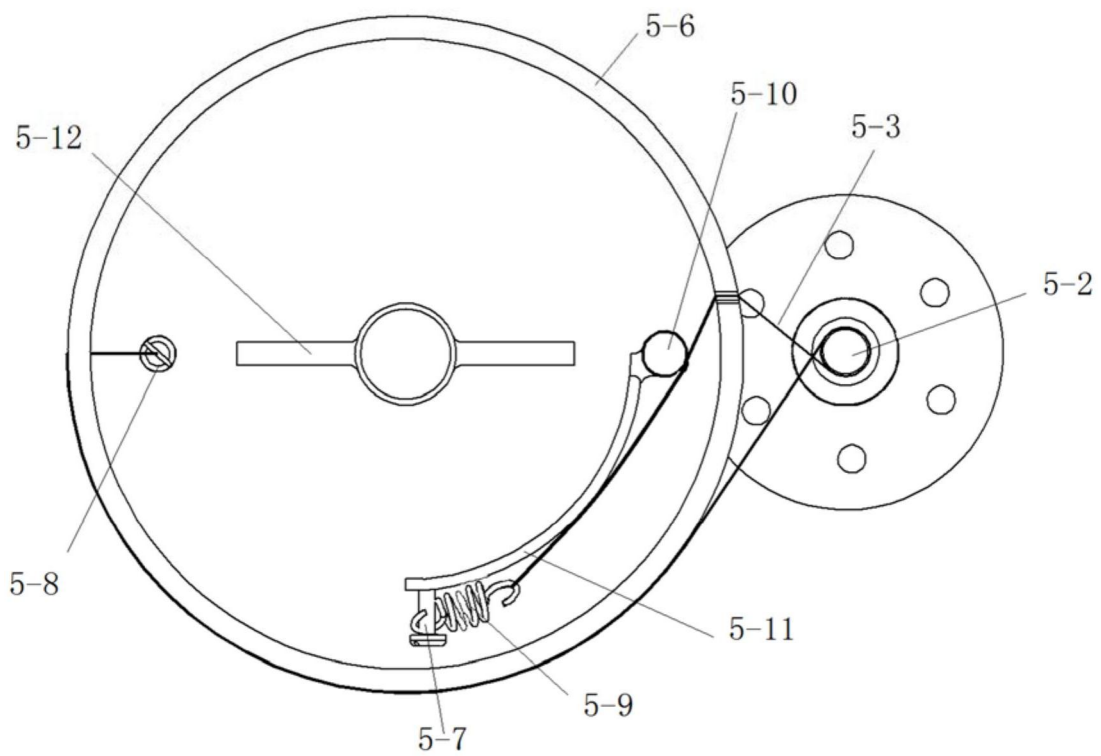


图5

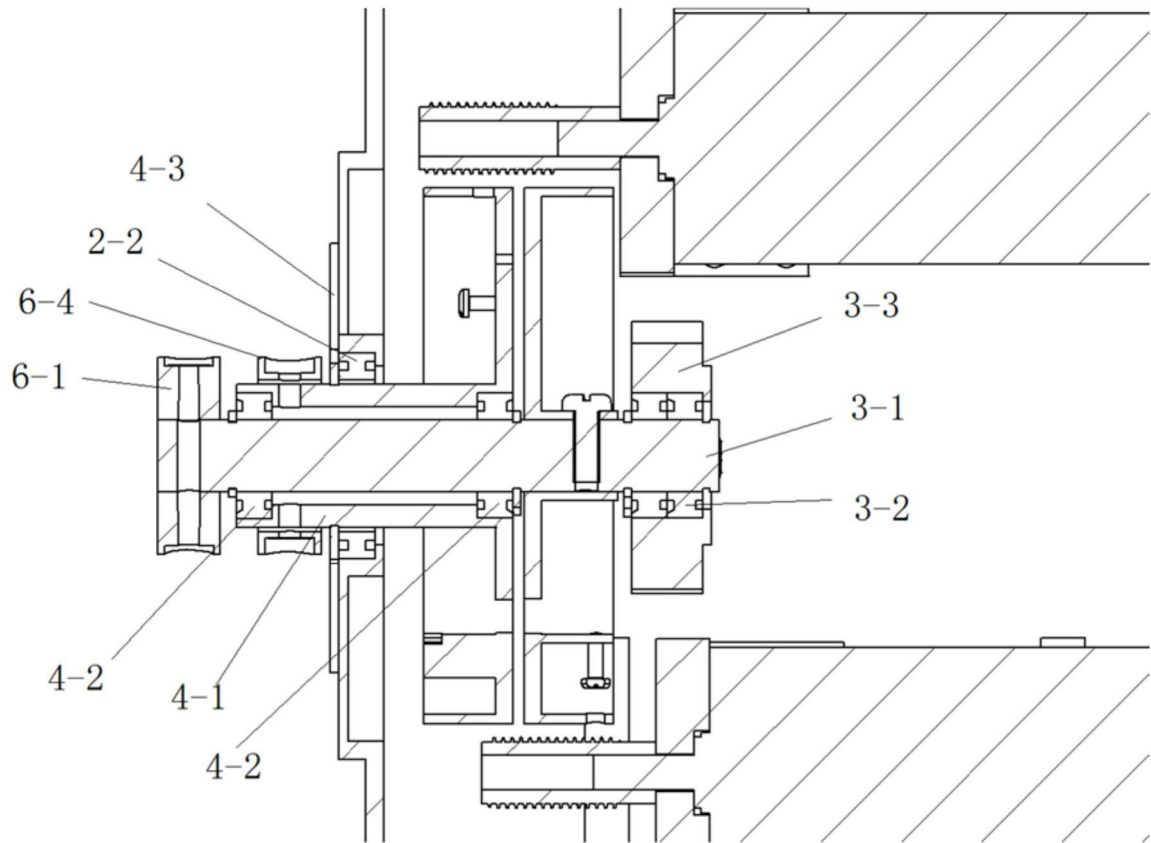


图6

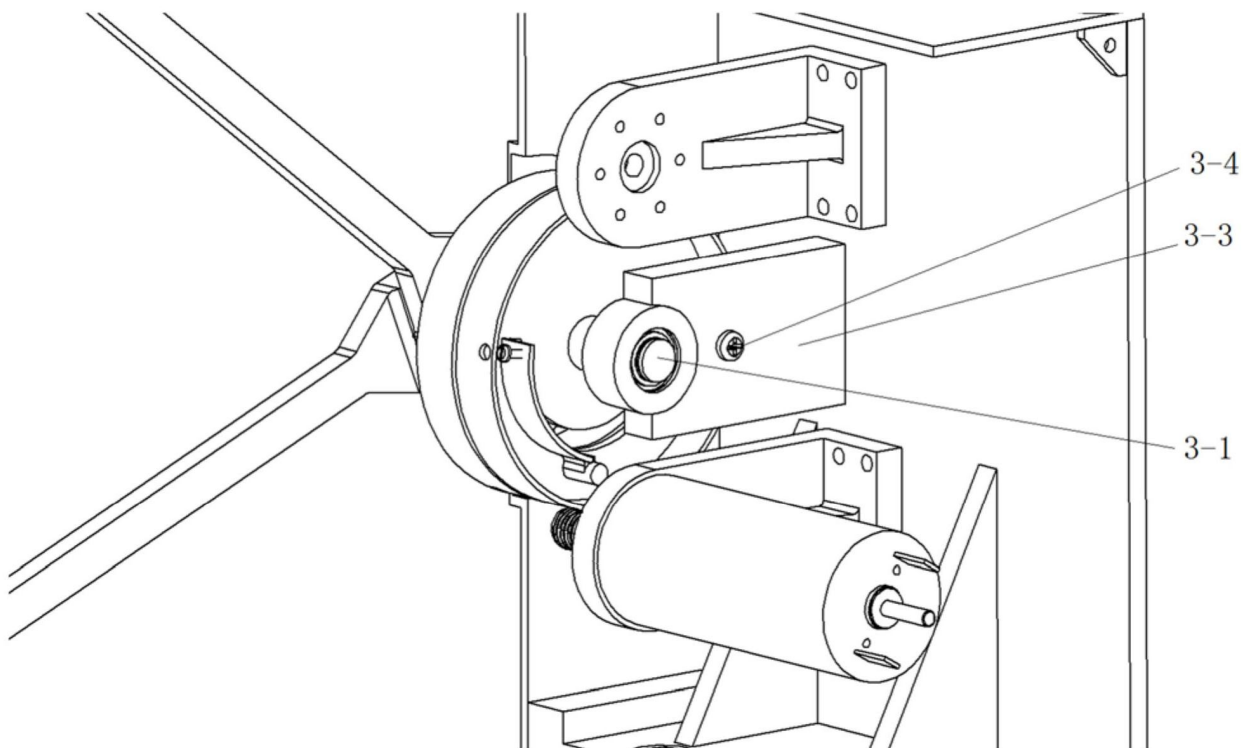


图7

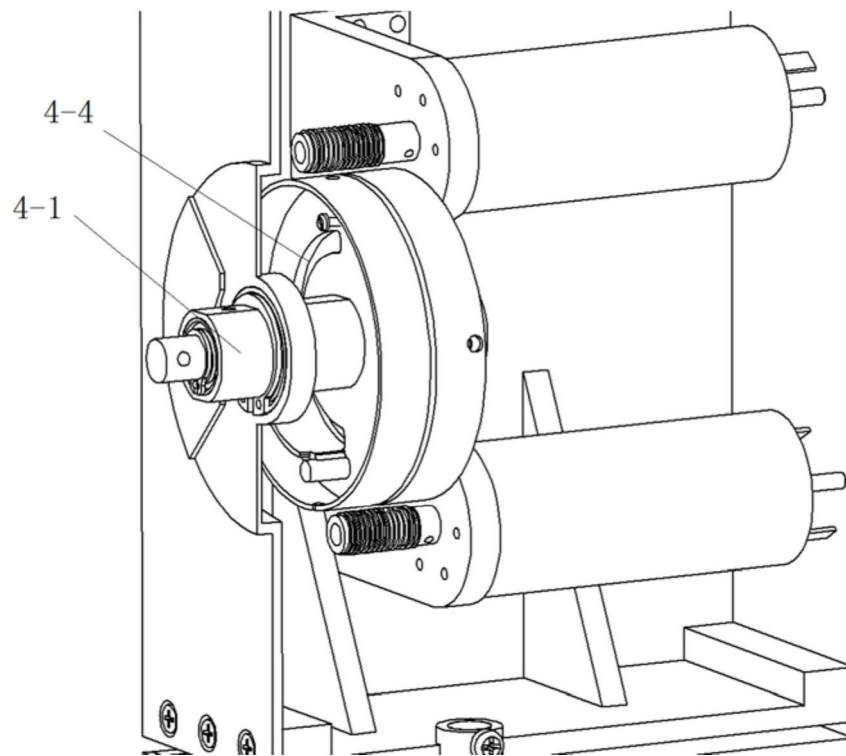


图8

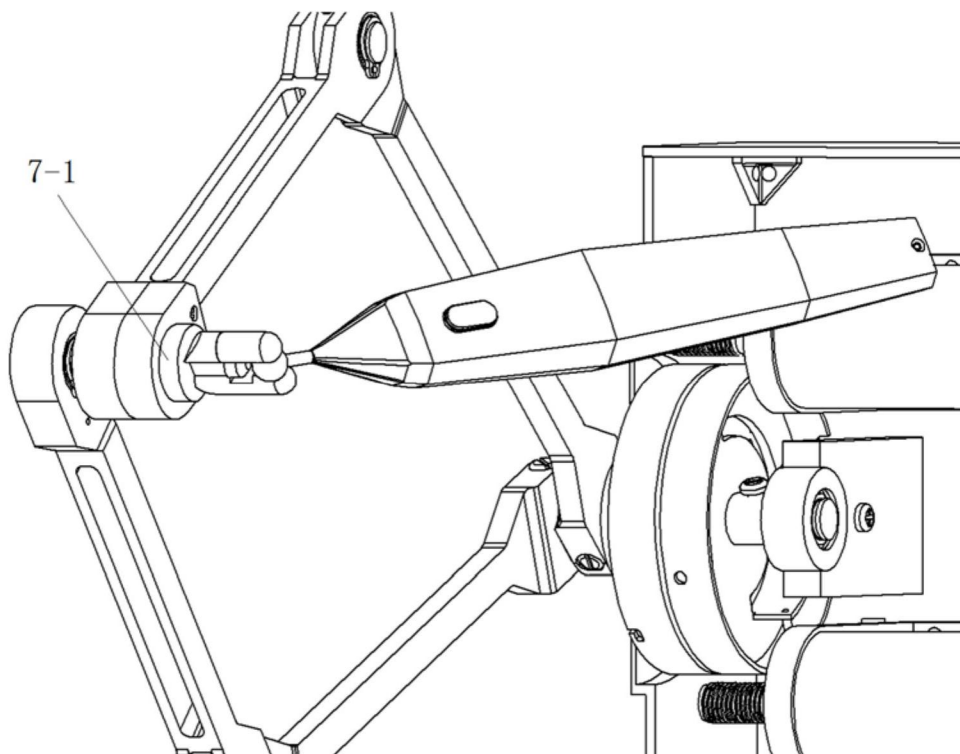


图9

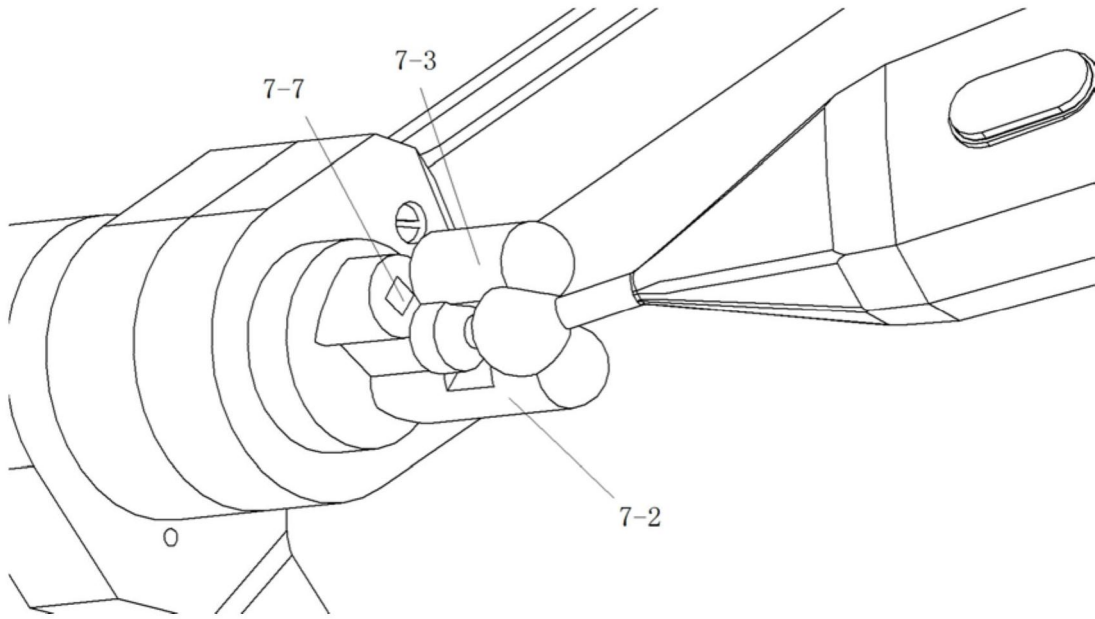


图10

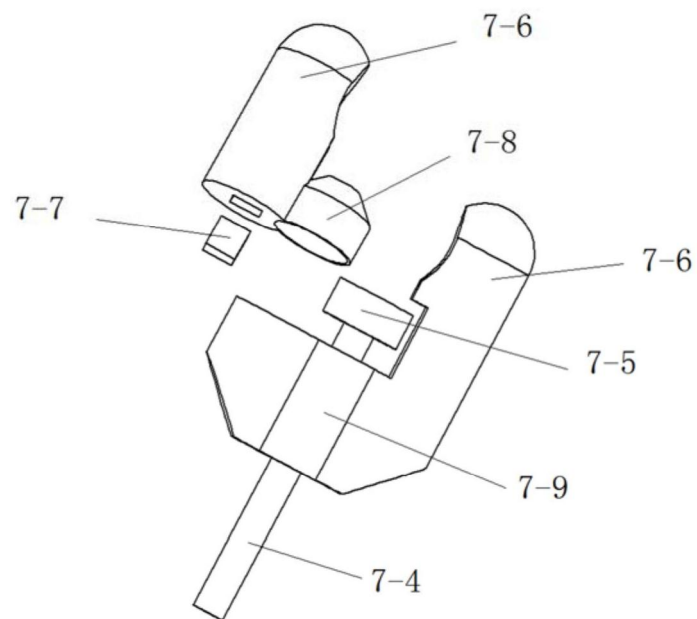


图11

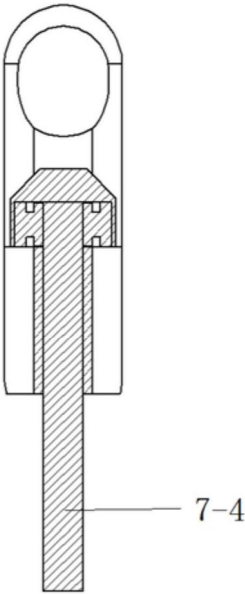


图12

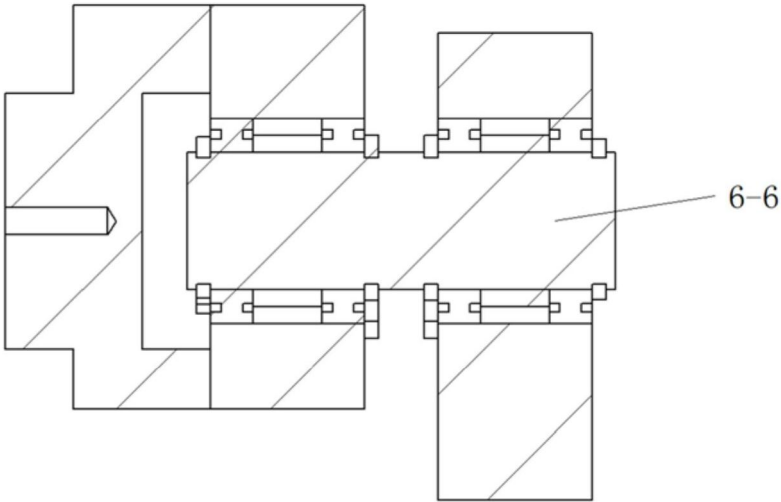


图13



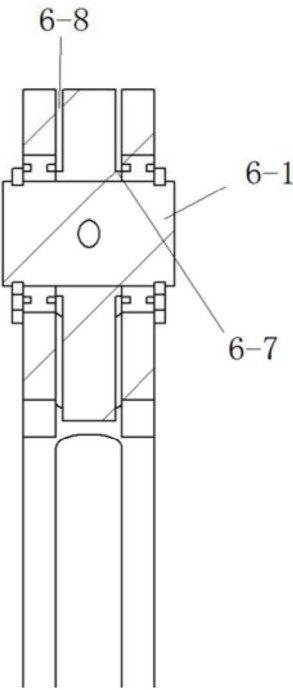


图14

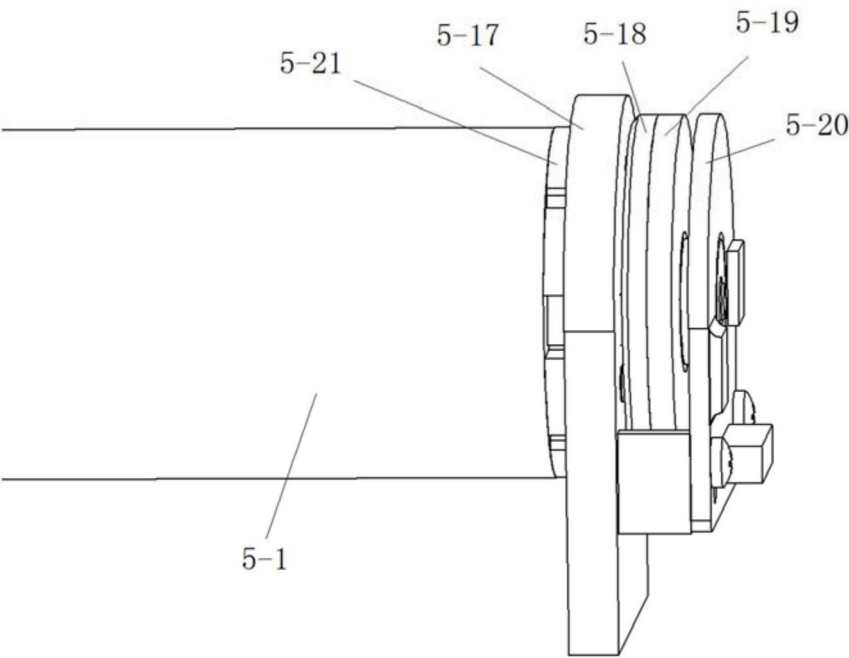


图15