



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105014663 B

(45)授权公告日 2016.11.02

(21)申请号 201510530984.9

(22)申请日 2015.08.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105014663 A

(43)申请公布日 2015.11.04

(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 贾英民 贾娇 孙施浩

(51)Int.Cl.

B25J 9/08(2006.01)

审查员 张硕

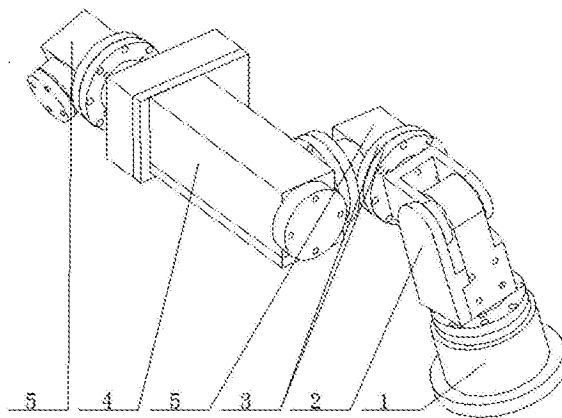
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

## (54)发明名称

可多方位连接的座载模块化机械臂

## (57)摘要

本发明提出了一种可多方位连接的座载模块化机械臂,其设计采用模块化思想,将各个关节进行分离,设计成具有不同功能的模块,包括底座模块、俯仰模块、连接法兰、集成关节模块与旋转模块;底座模块为一旋转关节;俯仰模块采用同步带进行传动,具有俯仰自由度;连接法兰为各模块间的连接件,利用连接法兰可方便的将各模块连接拆卸;集成关节模块将旋转运动和伸缩运动两个自由度结合在一起,利用构成伸缩自由度的导轨作为旋转自由度的传动装置;旋转模块的结构与底座模块内部结构相似,可带动安装在其上的结构转动,为了方便多方位连接,旋转模块箱体设计为方形。模块间可以以不同的方位任意组装,得到具有不同功能的机械臂。



1. 可多方位连接的座载模块化机械臂,其特征是:包括底座模块、俯仰模块、连接法兰、集成关节模块与旋转模块;底座模块为一旋转关节;俯仰模块采用同步带进行传动,具有俯仰自由度;连接法兰为各模块间的连接件,利用连接法兰可方便的将各模块连接拆卸;集成关节模块将旋转运动和伸缩运动两个自由度结合在一起,利用构成伸缩自由度的导轨作为旋转自由度的传动装置;旋转模块可带动安装在其上的结构转动,旋转模块箱体设计为方形;

其特征是:所述底座模块包括底座、底座驱动控制器、底座驱动控制连接线、底座电路外接端、底座直驱电机连接线、底座直驱电机、底座箱体、底座轴承与底座法兰,底座直驱电机安装在底座箱体上,底座箱体的上端安装有底座轴承,底座轴承内圈固定有底座法兰,底座直驱电机的电机轴与底座法兰连接,在底座轴承的支撑下,底座法兰可随底座直驱电机的电机轴转动,底座直驱电机连接线连接到安装在底座上的底座驱动控制器上,底座驱动控制器的信号由底座驱动控制连接线连接到底座电路外接端,底座安装到底座箱体上,其可与外界装置连接用以固定机械臂。

2. 根据权利要求1所述的可多方位连接的座载模块化机械臂,其特征是:所述俯仰模块包括俯仰支撑座、俯仰驱动控制器、俯仰第一同步轮、俯仰同步带、俯仰轴、俯仰第二同步轮、俯仰连接法兰、俯仰轴支撑轴承、俯仰直驱电机、俯仰箱体底盖、俯仰连接线、俯仰电路外接端与俯仰同步轮盖;俯仰直驱电机安装在俯仰支撑座上,其电机轴上安装有俯仰第一同步轮;俯仰连接线分别连接俯仰直驱电机与安装在俯仰支撑座上的俯仰驱动控制器、俯仰驱动控制器与俯仰电路外接端,俯仰电路外接端安装在俯仰箱体底盖上,俯仰箱体底盖安装在俯仰支撑座上;俯仰轴支撑轴承安装俯仰支撑座上端的两侧,俯仰轴穿过俯仰连接法兰右侧支架、右端俯仰轴支撑轴承支撑在左侧俯仰轴支撑轴承上并穿过俯仰连接法兰左侧支架,俯仰第二同步轮安装在俯仰轴上,0型俯仰同步带安装在俯仰第一同步轮与俯仰第二同步轮上,俯仰同步轮盖安装在俯仰支撑座上。

3. 根据权利要求1所述的可多方位连接的座载模块化机械臂,其特征是:所述集成关节模块包括电机减速器导轨单元、齿轮齿条传动单元、箱体支撑单元与驱动控制单元;电机减速器导轨单元,在伺服电机的带动下经过谐波减速器带动导轨单元转动,从而带动齿轮齿条结构转动;齿轮齿条传动单元在电机减速器导轨单元提供的支撑下,在直驱电机的带动下可沿导轨单元做直线运动;箱体支撑单元完成了对上述结构的安装支撑与发明模块的封装;外部连接单元为关节模块与关节外结构固定连接件;驱动控制单元负责传感器信息的采集处理、系统信号传递及电机控制,完成关节的旋转与伸长运动。

4. 根据权利要求3所述的可多方位连接的座载模块化机械臂,其特征是:所述电机减速器导轨单元包括伺服电机、谐波减速器、第二滚动轴承、联轴器、第一滚动轴承、导轨、轴承支撑件、支承轴承与支撑轴承轴;齿轮齿条传动单元包括直驱电机、第三滚动轴承、第一锥齿轮、第二锥齿轮、第四滚动轴承、齿轮、圆柱齿条、滚珠花键与外接法兰;箱体支撑单元包括主箱体、上端箱体、直驱电机箱体、主箱体下端盖、主箱体盖、支撑板、锥齿轮结构支撑板与第二锥齿轮安装板,主箱体上设有主箱体第一支撑板、主箱体第二支撑板以及支撑板槽;驱动控制单元包括驱动控制器、伺服电机连接线、直驱电机连接线、霍尔传感器与电路外接端。

5. 根据权利要求4所述的可多方位连接的座载模块化机械臂,其特征是:集成关节模块

的连接关系及装配步骤为

(1)将直驱电机连接线穿过直驱电机箱体、主箱体、主箱体第二支撑板、支撑板与主箱体第一支撑板连接到驱动控制器上；

(2)将第二滚动轴承安装到主箱体第一支撑板上；

(3)将谐波减速器的刚性齿轮固定到支撑板上,将支撑板安装到主箱体槽内从而固定到主箱体上；

(4)将联轴器安装到第二滚动轴承上,一端连接到已安装好的谐波减速器的波发生器内,将伺服电机安装到主箱体第一支撑板上,其轴连接到联轴器的另一端,将伺服电机连接线连接到驱动控制器上,将驱动控制器安装到主箱体下端盖上,将主箱体下端盖连接到主箱体上,将电路外接端安装到主箱体上,并与驱动控制器连接；

(5)将第一滚动轴承安装到主箱体第二支撑板上；

(6)将支撑轴承通过支撑轴承轴安装到轴承支撑件上；

(7)将滚珠花键安装到导轨上,然后将(6)中完成的部件安装在导轨的螺纹端；

(8)将圆柱齿条安装到(7)形成的部件上；

(9)将(8)部件中的导轨未设螺纹孔的一端连接到谐波减速器的柔性齿轮法兰上；

(10)将主箱体盖安装到主箱体上,然后将锥齿轮结构支撑板安装到主箱体上；

(11)将直驱电机、直驱电机箱体与第三滚动轴承安装到锥齿轮结构支撑板上,将第一锥齿轮安装到第三滚动轴承上；

(12)将第四滚动轴承安装到第二锥齿轮安装板上,将第二锥齿轮安装到第四滚动轴承上,将齿轮安装到第二锥齿轮上；

(13)将(11)形成的部件通过第二锥齿轮安装板安装到锥齿轮结构支撑板上；

(14)将外接法兰安装到圆柱齿条上。

6.根据权利要求1所述的可多方位连接的座载模块化机械臂,其特征是:所述旋转模块包括旋转关节底板、旋转关节驱动控制器、旋转关节驱动控制器连接线、旋转关节电路外接端、旋转直驱电机连接线、旋转直驱电机、旋转关节箱体、旋转关节轴承与旋转关节法兰;旋转直驱电机安装在旋转关节箱体上,旋转关节箱体上端安装有旋转关节轴承,旋转关节轴承内圈固定有旋转关节法兰,旋转关节法兰与旋转直驱电机的电机轴固连,在旋转关节轴承的支承下,旋转关节法兰随旋转直驱电机转动,从而带动安装在其上的模块转动,旋转直驱电机连接线连接到安装在旋转关节底板上的旋转关节驱动控制器,旋转关节驱动控制器连接线连接到安装在旋转关节箱体侧面的旋转关节电路外接端。

## 可多方位连接的座载模块化机械臂

### 所属技术领域

[0001] 本发明属于机械臂技术领域,具体涉及一种可多方位连接的座载模块化机械臂。

### 背景技术

[0002] 近年来,机器人技术取得了长足的进展,机械臂在机器人领域中得到最广泛实际的应用,已应用于机械制造、冶金、电子、轻工和原子能等各种生产领域中,它的应用加快了生产的自动化和现代化,大幅度的提高了生产效率。

[0003] 现阶段的机械臂通常具有多个转动的关节,每个关节的转动均是通过步进电机或伺服电机实现,由于步进电机或伺服电机的体积通常较大,这就需要机械臂每个关节部分具有较大的体积,以便于安装步进电机或伺服电机,而且机械臂自由度越多,其结构也越复杂,因而常规的工业机械臂存在以下缺点:结构臃肿、占用空间大、功能单一。由于这些缺点,使得普通工业机械臂不能或者不适于对机械臂体积和功能有严格控制的场合比如教学实验、娱乐及家庭服务等特殊行业,造成上述缺陷的基本原因是:其机械臂没有采用模块化设计思想、机械臂的机械机构没有进行优化设计、驱动和位置检测单元是相互独立的,机械臂机械结构相似,不同功能的实现严重依赖软件,为了解决上述问题,本发明提出了一种模块化机械臂,它采用模块化的设计思想,具有将机械臂的伸缩运动和旋转运动集成在一个关节中的集成关节以及旋转关节、俯仰关节,可以根据任务的需要灵活选择关节模块,并可以选择不同的方位进行连接,增加了机械臂通用性与灵活性,机械臂体积小、质量小适合与其他平台结合。

### 发明内容

[0004] 本发明提出的可多方位连接的座载模块化机械臂采用模块化设计思想,将各个关节进行分离,设计成具有不同功能的模块,模块间可以以不同的方位任意组装,得到可实现不同功能的机械臂,具有适应性强、易于实现和维护、体积小、质量小与运动灵活等特点。

[0005] 本发明的技术方案:

[0006] 可多方位连接的座载模块化机械臂包括底座模块、俯仰模块、连接法兰、集成关节模块与旋转模块。底座模块为一旋转关节,可带动安装在其上的模块做旋转运动;俯仰模块采用同步带进行传动,减小了模块质量;连接法兰为各模块间的连接件,各模块根据其尺寸大小,在不同的安装面上设计有尺寸不同的安装孔,利用连接法兰可方便的将各模块连接拆卸;集成关节模块将旋转运动和伸缩运动两个自由度巧妙结合在一起,利用构成伸缩自由度的导轨作为旋转自由度的传动装置,提高了模块的集成程度与灵活性;旋转模块的结构与底座模块内部结构相似,可带动安装在其上的结构转动,不同于底座模块,为了方便多方位连接,旋转模块箱体设计为方形。

[0007] 所述底座模块包括底座、底座驱动控制器、底座驱动控制连接线、底座电路外接端、底座直驱电机连接线、底座直驱电机、底座箱体、底座轴承与底座法兰,底座直驱电机安装在底座箱体上,底座箱体的上端安装有底座轴承,底座轴承内圈固定有底座法兰,底座直

驱电机的电机轴与底座法兰连接,在底座轴承的支撑下,底座法兰可随底座直驱电机的电机轴转动,底座直驱电机连接线连接到安装在底座上的底座驱动控制器上,底座驱动控制器的信号由底座驱动控制连接线连接到底座电路外接端,用以和其他模块通信,底座安装到底座箱体上,其可与外界装置连接用以固定机械臂。

[0008] 进一步,所述俯仰模块包括俯仰支撑座、俯仰驱动控制器、俯仰第一同步轮、俯仰同步带、俯仰轴、俯仰第二同步轮、俯仰连接法兰、俯仰轴支撑轴承、俯仰直驱电机、俯仰箱体底盖、俯仰连接线、俯仰电路外接端与俯仰同步轮盖。俯仰直驱电机安装在俯仰支撑座上,其电机轴上安装有俯仰第一同步轮。俯仰连接线分别连接俯仰直驱电机与安装在俯仰支撑座上的俯仰驱动控制器、俯仰驱动控制器与俯仰电路外接端,俯仰电路外接端安装在俯仰箱体底盖上,俯仰箱体底盖安装在俯仰支撑座上。俯仰轴支撑轴承安装俯仰支撑座上端的两侧,俯仰轴穿过俯仰连接法兰右侧支架、右端俯仰轴支撑轴承支撑在左侧俯仰轴支撑轴承上并穿过俯仰连接法兰左侧支架,俯仰第二同步轮安装在俯仰轴上,0型俯仰同步带安装在俯仰第一同步轮与俯仰第二同步轮上,俯仰同步轮盖安装在俯仰支撑座上。

[0009] 进一步所述俯仰模块同步带的选取步骤为:

[0010] a、根据设计的尺寸初步确定同步轮的传动比,传动比由俯仰模块的整体尺寸及可选同步轮标准件尺寸确定;

[0011] b、根据设计尺寸初步选定两同步轮的中心距 $a_0$ ;

[0012] c、根据初步选定的中心距由 $L_0 = 2a_0 + 1.57(d_2 + d_1) + (d_2 - d_1)^2 / 4a_0$ ,初步确定同步带的长度,其中 $d_1, d_2$ 分别为同步轮的节圆直径,查表选定与 $L_0$ 相近的同步带长度 $L_P$ ;

[0013] d、由 $L_P$ 根据  $a \approx \frac{M + \sqrt{M^2 - 32(d_2 - d_1)^2}}{16}$ ,  $M = 4L_P - 6.28(d_2 + d_1)$ , 反算出同步轮间距

a。

[0014] 进一步,所述连接法兰设计有三组分布在同一圆上的安装孔,其中最外侧圆上的安装孔为连接法兰之间的连接孔,其余圆上的安装孔为连接法兰与其他模块连接的安装孔,其特点为每个孔都为沉头孔,保证连接法兰与相关模块连接后仍为一平面。

[0015] 进一步,所述集成关节模块包括电机减速器导轨单元、齿轮齿条传动单元、箱体支撑单元与驱动控制单元。电机减速器导轨单元,在伺服电机的带动下经过谐波减速器带动导轨单元转动,从而带动齿轮齿条结构转动,完成本发明集成两自由度的机械臂关节模块转动结构设计;齿轮齿条单元在电机减速器导轨单元提供的支撑下,在直驱电机的带动下可沿导轨单元做直线运动,从而完成本发明集成两自由度的机械臂关节模块伸长运动结构设计;箱体支撑单元完成了对上述结构的安装支撑与发明模块的封装;外部连接单元为关节模块与关节外结构固定连接件,方便关节模块与外界固连;驱动控制单元负责传感器信息的采集处理、系统信号传递及电机控制,完成关节的旋转与伸长运动。

[0016] 进一步,所述电机减速器导轨单元包括伺服电机、谐波减速器、第二滚动轴承、联轴器、第一滚动轴承、导轨、轴承支撑件、支承轴承与支撑轴承轴,其中伺服电机安装在主箱体的主箱体第一支撑板上,主箱体第一支撑板上安装有第二滚动轴承用以支撑和伺服电机轴相连的联轴器,联轴器的另一端连接到谐波减速器的波发生器上,谐波减速器的刚性齿轮与支撑板固连,支撑板通过长方形槽固连到主箱体,谐波减速器的柔性齿轮法兰与在第

一滚动轴承支撑下的导轨相连,导轨另一端设有螺纹孔并安装有轴承支撑件,轴承支撑件上通过支撑轴承轴安装有支撑轴承。

[0017] 进一步齿轮齿条传动单元包括直驱电机、第三滚动轴承、第一锥齿轮、第二锥齿轮、第四滚动轴承、齿轮、圆柱齿条、滚珠花键与外接法兰,其中直驱电机安装在锥齿轮结构支撑板上,直驱电机的电机轴与安装在第三滚动轴承内的第一锥齿轮连接,第一锥齿轮与安装在第四滚动轴承上的第二锥齿轮啮合,第二锥齿轮另一端安装有与之同轴的齿轮,第四滚动轴承通过第二锥齿轮安装板固定在锥齿轮结构支撑板上,齿轮与圆柱齿条啮合,圆柱齿条靠近谐波减速器的一端安装有滚珠花键,滚珠花键与导轨配合,在支撑圆柱齿条运动的同时,传递电机减速器导轨单元的扭矩,使得圆柱齿条跟随上述单元的旋转运动,直驱电机通过第一锥齿轮、第二锥齿轮与齿轮带动圆柱齿条做直线运动,圆柱齿轮的另一端安装有外接法兰,外接法兰在电机减速器导轨单元及齿轮齿条传动单元的作用下可旋转及直线运动。

[0018] 进一步箱体支撑单元包括主箱体、上端箱体、直驱电机箱体、主箱体下端盖、主箱体盖、支撑板、锥齿轮结构支撑板与第二锥齿轮安装板,主箱体上设有主箱体第一支撑板、主箱体第二支撑板以及支撑板槽,主箱体第一支撑板用以固定伺服电机及第二滚动轴承,主箱体第二支撑板用以固定第一滚动轴承,支撑板用以固定谐波减速器的刚性齿轮并通过主箱体的支撑板槽安装在主箱体上,主箱体上端安装有主箱体盖,主箱体靠近伺服电机的一端安装有主箱体下端盖,与之相对应的另一端安装有锥齿轮结构支撑板,锥齿轮结构支撑板上安装有第二锥齿轮安装板及上端箱体,另一侧安装有直驱电机箱体。

[0019] 进一步驱动控制单元包括驱动控制器、伺服电机连接线、直驱电机连接线、霍尔传感器与电路外接端,直驱电机连接线通过直驱电机箱体的侧面孔主箱体侧面孔进入主箱体依次穿过主箱体第二支撑板、支撑板与主箱体第一支撑板连接到驱动控制器上,伺服电机连接线也连接到驱动控制器上,驱动控制器一端安装有电路外接端用于与外界通信,驱动控制器安装在主箱体下端盖上。

[0020] 进一步所述旋转模块包括旋转关节底板、旋转关节驱动控制器、旋转关节驱动控制器连接线、旋转关节电路外接端、旋转直驱电机连接线、旋转直驱电机、旋转关节箱体、旋转关节轴承与旋转关节法兰。旋转直驱电机安装在旋转关节箱体上,旋转关节箱体上端安装有旋转关节轴承,旋转关节轴承内圈固定有旋转关节法兰,旋转关节法兰与旋转直驱电机的电机轴固连,在旋转关节轴承的支承下,旋转关节法兰随旋转直驱电机转动,从而带动安装在其上的模块转动,旋转直驱电机连接线连接到安装在旋转关节底板上的旋转关节驱动控制器,旋转关节驱动控制器连接线连接到安装在旋转关节箱体侧面的旋转关节电路外接端,用以和其他模块通信。

[0021] 根据上述的结构和控制器,直驱电机经过传动装置带动相关外接法兰运动,外接法兰可与其他模块的以不同方位进行连接,组装成不同形式的机械臂,即相同的关节模块连接方式不同可组装成具有不同功能的机械臂,在实际应用试验中可以选择不同的关节模块构成质量或者体积或路径最优的机械臂。

[0022] 本发明对比已有技术具有如下特点:

[0023] 1、模块化设计便于不同的组装可满足不同任务需求,特别适用于教育和娱乐;

[0024] 2、集成度高、占用空间小;

[0025] 3、可以以不同的顺序不同的方位进行连接组装,增加了机械臂的灵活性。

#### 附图说明

[0026] 图1可多方位连接的座载模块化机械臂连接方式一

[0027] 图2可多方位连接的座载模块化机械臂连接方式二视图一

[0028] 图3可多方位连接的座载模块化机械臂连接方式二视图二

[0029] 图1~图3中标号:

[0030] 1:底座模块,2:俯仰模块,3:连接法兰,4:集成关节模块,5:旋转模块,431:主箱体盖,213:俯仰同步轮盖。

[0031] 图4可多方位连接的座载模块化机械臂D-H参数坐标系示意图

[0032] 图5底座模块结构图

[0033] 图中标号:

[0034] 101:底座,102:底座驱动控制器,103:底座驱动控制连接线,104:底座电路外接端,105:底座直驱电机连接线,106:底座直驱电机,107:底座箱体,108:底座轴承,109:底座法兰。

[0035] 图6俯仰模块结构图

[0036] 图中标号:

[0037] 201:俯仰支撑座,202:俯仰驱动控制器,203:俯仰第一同步轮,204:俯仰同步带,205:俯仰轴,206:俯仰第二同步轮,207:俯仰连接法兰,208:俯仰轴支撑轴承,209:俯仰直驱电机,210:俯仰箱体底盖,211:俯仰连接线,212:俯仰电路外接端。

[0038] 图7连接法兰结构图

[0039] 图中标号:301:连接法兰沉头连接孔,302:连接法兰连接孔

[0040] 图8集成关节模块结构图

[0041] 图中标号:

[0042] 401:外接法兰,402:圆柱齿条;403:轴承支撑件;404:上端箱体,405:主箱体,406:滚珠花键,407:第一滚动轴承,408:支撑板,409:联轴器,4051:主箱体第一支撑板,410:伺服电机,411:驱动控制器,412:主箱体下端盖,413:电路外接端,414:直驱电机连接线,415:伺服电机连接线,416:第二滚动轴承,417:谐波减速器,4171:柔性齿轮法兰,4052:主箱体第二支撑板,418:导轨,419:直驱电机箱体,420:锥齿轮结构支撑板,421:齿轮,422:支撑轴承轴,423:支撑轴承。

[0043] 图9齿轮齿条传动单元结构图

[0044] 图中标号:

[0045] 424:直驱电机,420:锥齿轮结构支撑板,425:第三滚动轴承,426:第一锥齿轮,427:第四滚动轴承,421:齿轮,428:第二锥齿轮,429:第二锥齿轮安装板,430:霍尔传感器,414:直驱电机连接线,419:直驱电机箱体。

[0046] 图10轴承支撑件结构图

[0047] 图中标号:422:支撑轴承轴,423:支撑轴承,403:轴承支撑件

[0048] 图11旋转模块结构图

[0049] 图中标号:

[0050] 501:旋转关节底板,502:旋转关节驱动控制器,503:旋转关节驱动控制器连接线,504:旋转关节电路外接端,505:旋转直驱电机连接线,506:旋转直驱电机,507:旋转关节箱体,508:旋转关节轴承,509:旋转关节法兰。

### 具体实施方式

[0051] 下面结合附图对本发明做进一步说明:底座模块下方连接有质量和体积较大的底座,以便和机械臂固定装置连接,底座模块具有旋转自由度,可带动安装在其上的结构转动;俯仰模块可以以不同的方式由连接法兰安装在底座模块上,并由O型同步带进行传动,可带动安装在其上的模块俯仰运动;集成关节模块结构紧凑,具有旋转自由度并可做直线伸缩运动,可以以不同的方式安装到俯仰模块上;旋转模块内部结构与底座模块内部结构相似,具有旋转自由度,同样可以以不同的方位与其他模块连接;各关节模块之间的通信外接端由电话线连接。

[0052] 具体来说,结合图1~图3,模块间可由连接法兰进行不同方位的连接得到不同功能及工作范围的机械臂,如图1将底座模块1固定,将俯仰模块2由连接法兰3安装到底座模块1上,将集成关节模块4由连接法兰3安装到俯仰模块2上,将另一个俯仰模块2由连接法兰3安装到集成关节模块4上,最后将旋转模块5由连接法兰3安装到俯仰模块2上;连接时首先将连接法兰3与相应模块的对应方位连接,然后将两个连接法兰3固连在一起完成对机械臂的装配,最终组合成臂长可变的六自由度机械臂;如图2与图3所示,和图1相同,首先将俯仰模块2安装在底座模块1上,然后将旋转模块5的侧面安装到俯仰模块2上,将集成关节模块4的侧面安装到旋转模块5上,将另一旋转模块5的侧面安装到集成关节模块4上,不同的安装方位,运动方式会发生改变,如将旋转模块5的底部与集成关节模块4连接则旋转模块5将随集成关节模块4转动运动及伸缩运动,如将其侧面与集成关节模块4连接,则其将随集成关节模块4摆动运动及伸缩运动。

[0053] 结合图5,底座模块的装备顺序为首先将底座直驱电机106安装到底座箱体107上,将底座轴承108安装到底座箱体107的上端,将底座法兰109与底座直驱电机106的电机轴固连,并将底座法兰109固定在底座轴承108的内圈;将底座直驱电机连接线105连接到底座驱动控制器102上,将底座驱动控制器连接线103连接到底座电路外接端104上,将底座电路外接端104固定在底座箱体107上;将底座驱动控制器102固定到底座101上,最后将底座101固定到底座箱体107上,完成底座的装配封装。结合图11,旋转模块的装配封装顺序与底座相同。

[0054] 结合图6,俯仰模块的连接关系及装配顺序为将俯仰连接线211连接到底座驱动控制器202与俯仰电路外接端212上,将俯仰驱动控制器202安装到俯仰支撑座201上,将俯仰直驱电机209安装到俯仰支撑座201上,将俯仰电路外接端212安装到俯仰箱体底盖210上,将俯仰箱体底盖210安装到俯仰支撑座201上,将俯仰第一同步轮203安装到俯仰直驱电机209的电机轴上;将俯仰轴支撑轴承208安装在俯仰支撑座201上,将俯仰连接法兰207通过俯仰轴205安装到俯仰轴支撑轴承208上,将俯仰第二同步轮206安装到俯仰轴205上;将俯仰同步带204安装到俯仰第一同步轮203与俯仰第二同步轮206上,将俯仰同步轮盖213安装到俯仰支撑座201上。

[0055] 结合图7,连接法兰3上设有连接法兰沉头连接孔301与连接法兰连接孔302,连接



法兰沉头连接孔301用于和关节模块连接,连接法兰连接孔302用于连接法兰之间的连接。

[0056] 结合图8~图10集成关节模块的连接关系及装配步骤为

[0057] (1)将直驱电机连接线414穿过直驱电机箱体419、主箱体405、主箱体第二支撑板4052、支撑板408与主箱体第一支撑板4051连接到驱动控制器411上;

[0058] (2)将第二滚动轴承416安装到主箱体第一支撑板4051上;

[0059] (3)将谐波减速器417的刚性齿轮固定到支撑板408上,将支撑板408安装到主箱体槽内从而固定到主箱体405上;

[0060] (4)将联轴器409安装到第二滚动轴承416上,一端连接到已安装好的谐波减速器417的波发生器内,将伺服电机410安装到主箱体第一支撑板4051上,其轴连接到联轴器409的另一端,将伺服电机连接线415连接到驱动控制器411上,将驱动控制器411安装到主箱体下端盖412上,将主箱体下端盖412连接到主箱体405上,将电路外接端413安装到主箱体405上,并与驱动控制器411连接;

[0061] (5)将第一滚动轴承407安装到主箱体第二支撑板4052上;

[0062] (6)将支撑轴承423通过支撑轴承轴422安装到轴承支撑件403上;

[0063] (7)将滚珠花键406安装到导轨418上,然后将(6)中完成的部件安装在导轨418的螺纹端;

[0064] (8)将圆柱齿条402安装到(7)形成的部件上;

[0065] (9)将(8)部件中的导轨418未设螺纹孔的一端连接到谐波减速器417的柔性齿轮法兰4171上;

[0066] (10)将主箱体盖431安装到主箱体405上,然后将锥齿轮结构支撑板420安装到主箱体405上;

[0067] (11)将直驱电机424、直驱电机箱体419与第三滚动轴承425安装到锥齿轮结构支撑板420上,将第一锥齿轮426安装到第三滚动轴承427上;

[0068] (12)将第四滚动轴承427安装到第二锥齿轮安装板429上,将第二锥齿轮428安装到第四滚动轴承427上,将齿轮421安装到第二锥齿轮428上;

[0069] (13)将(11)形成的部件通过第二锥齿轮安装板429安装到锥齿轮结构支撑板420上;

[0070] (14)将外接法兰401安装到圆柱齿条402上。

[0071] 结合图4,根据D-H参数建立坐标系,机械臂末端的位移可通过各坐标系相对于上一坐标系的旋转与平移得到,分别绕x,y,z轴旋转 $\theta$ 的旋转矩阵的矩阵为

[0072]

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}, \quad R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix}, \quad R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0073] 绕Z轴旋转 $\varphi$ 然后绕新形成的坐标Y轴旋转 $\theta$ ,最后绕新形成的Z轴旋转 $\psi$ 得到的坐标系的旋转矩阵为 ${}^0R_1 = R_z(\varphi)R_y(\theta)R_z(\psi)$

[0074] 将绕坐标轴旋转与绕坐标轴平移统一记为齐次变换矩阵的形式则有

$$[0075] \quad \text{Trans}_x(d) \triangleq \begin{bmatrix} I & \begin{bmatrix} d \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{Trans}_y(d) \triangleq \begin{bmatrix} I & \begin{bmatrix} 0 \\ d \\ 0 \end{bmatrix} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{Trans}_z(d) \triangleq \begin{bmatrix} I & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ d \end{bmatrix} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[0076] \quad \text{Rot}_x(\theta) \triangleq \begin{bmatrix} R_x(\theta) & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{Rot}_y(\theta) \triangleq \begin{bmatrix} R_y(\theta) & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{Rot}_z(\theta) \triangleq \begin{bmatrix} R_z(\theta) & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0077] 根据上述关系可得到任意时刻机械臂的运动状态,然后根据拉格朗日方程 $L=T-V$ ,

$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q} = Q$ ,其中 $L$ 为拉格朗日因子, $T$ 为系统动能, $V$ 为系统势能, $q$ 为系统的广义坐

标可得到机械臂的动力学模型 $H(q)\ddot{q}+C(q,\dot{q})\dot{q}+G(q)=\tau$ ,其中 $H(q)\ddot{q}$ 为与广义加速度 $\ddot{q}$ 成正比的惯性力, $C(q,\dot{q})\dot{q}$ 为广义速度的二次型,包含离心力与科氏力, $G(q)$ 为重力项, $\tau$ 为作为在关节上的驱动力,即为各关节的控制输入。

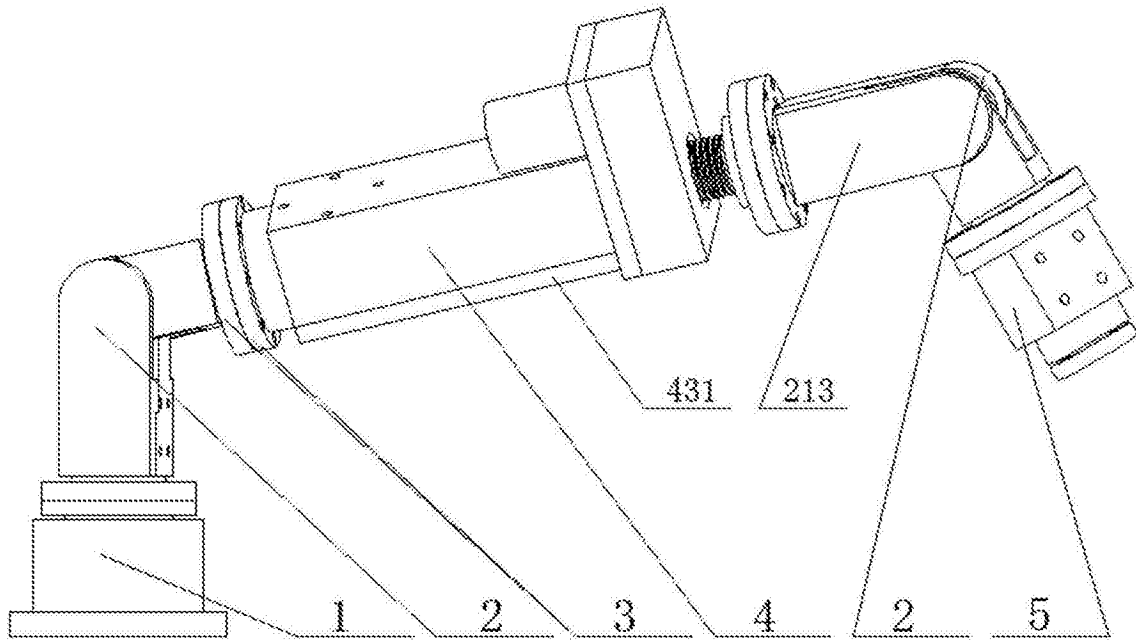


图1

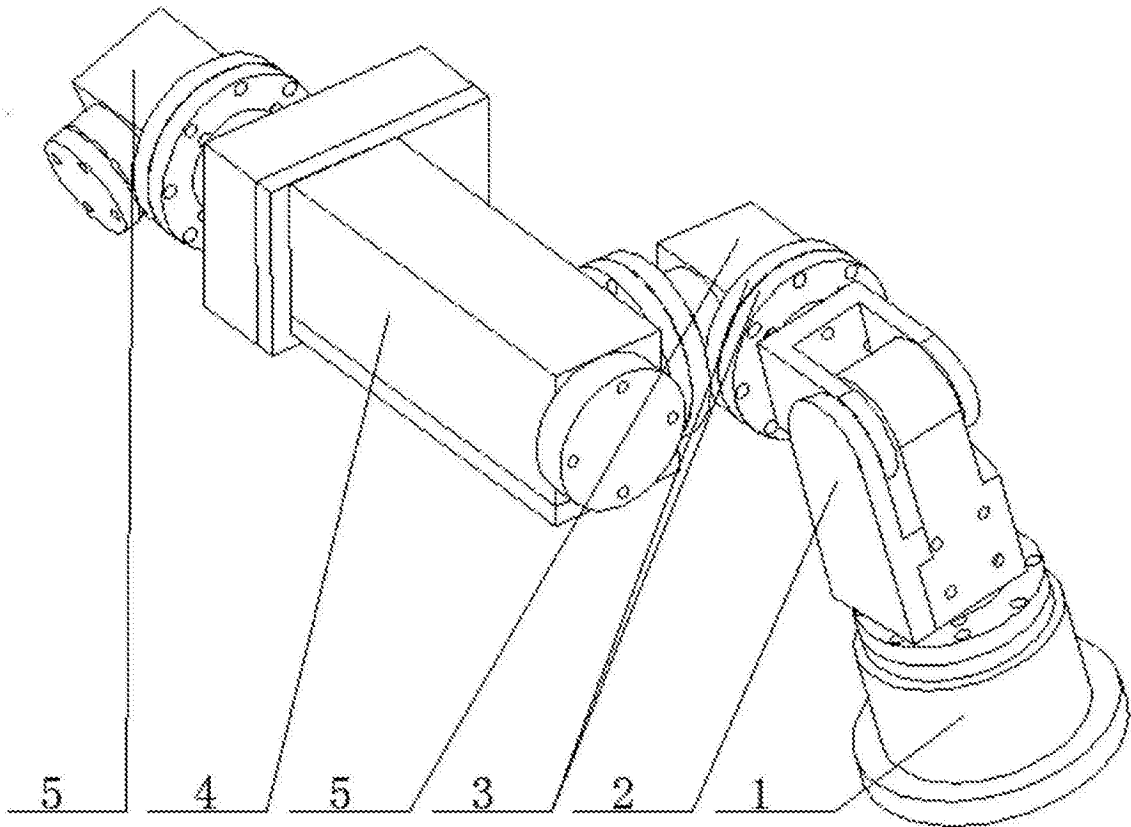


图2

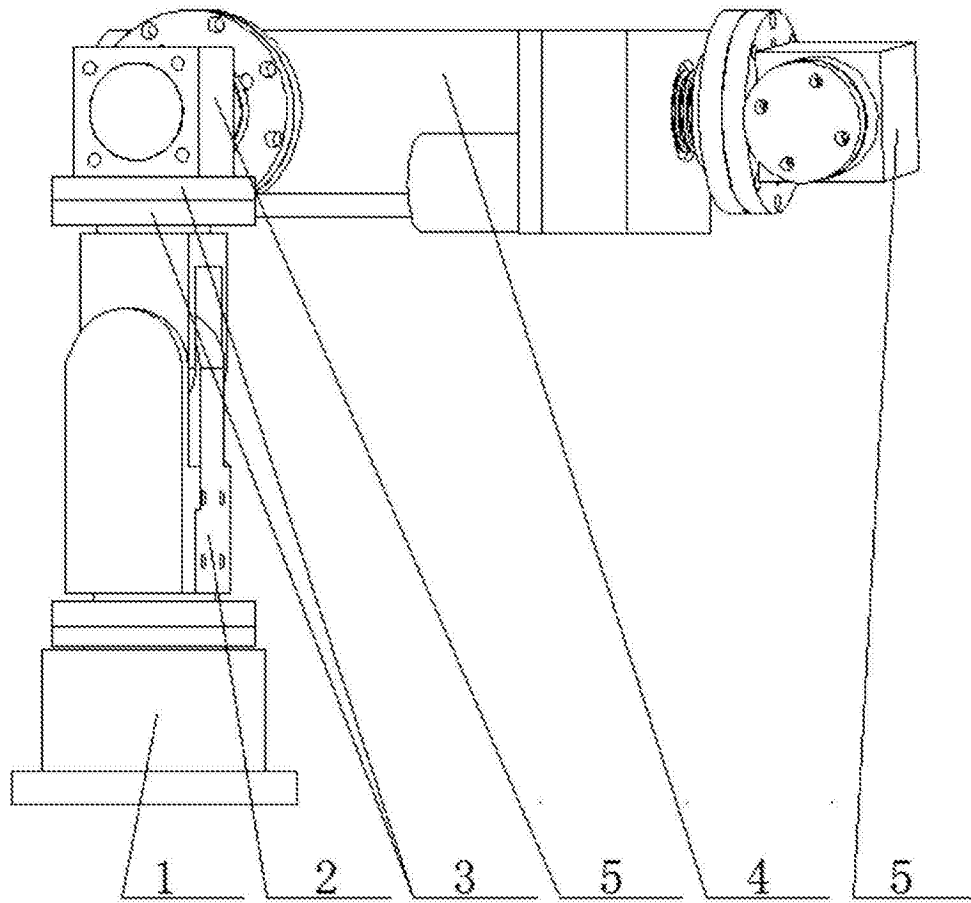


图3

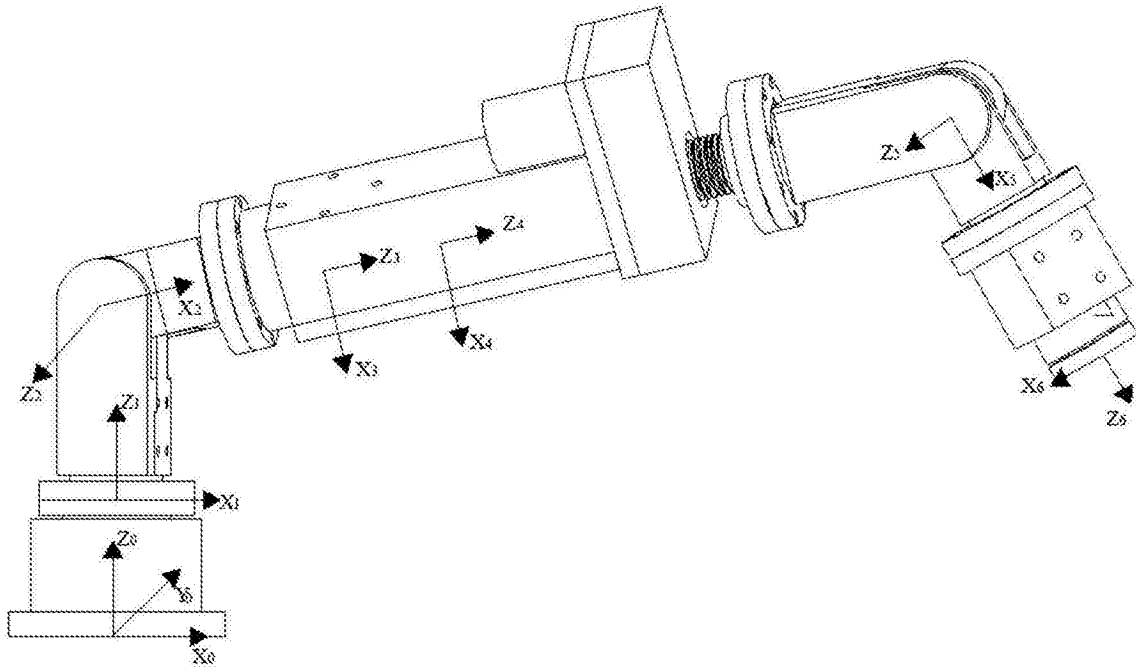


图4

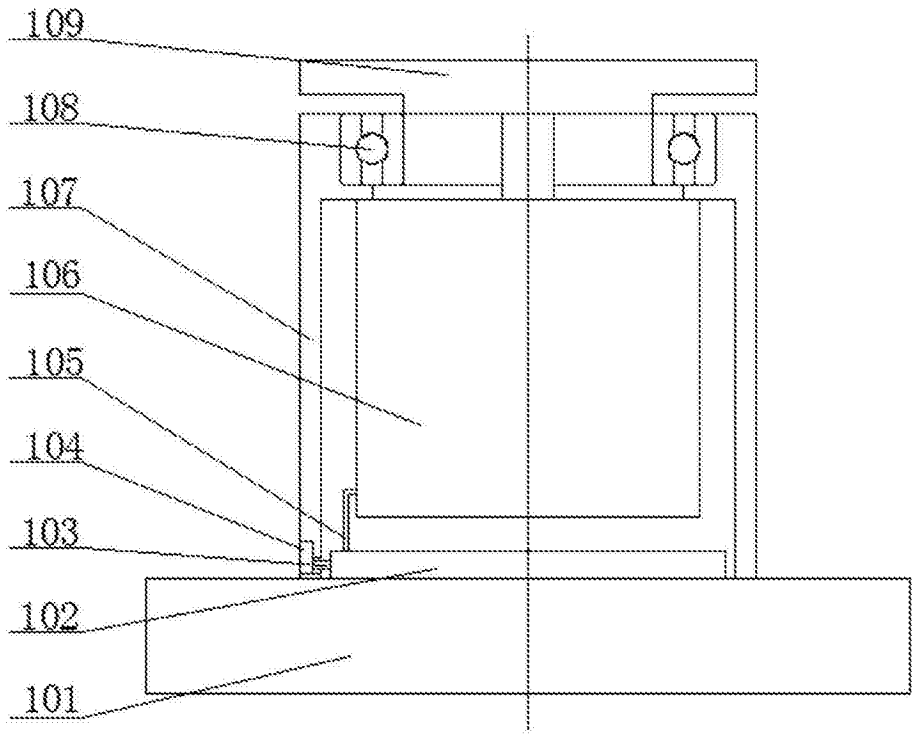


图5

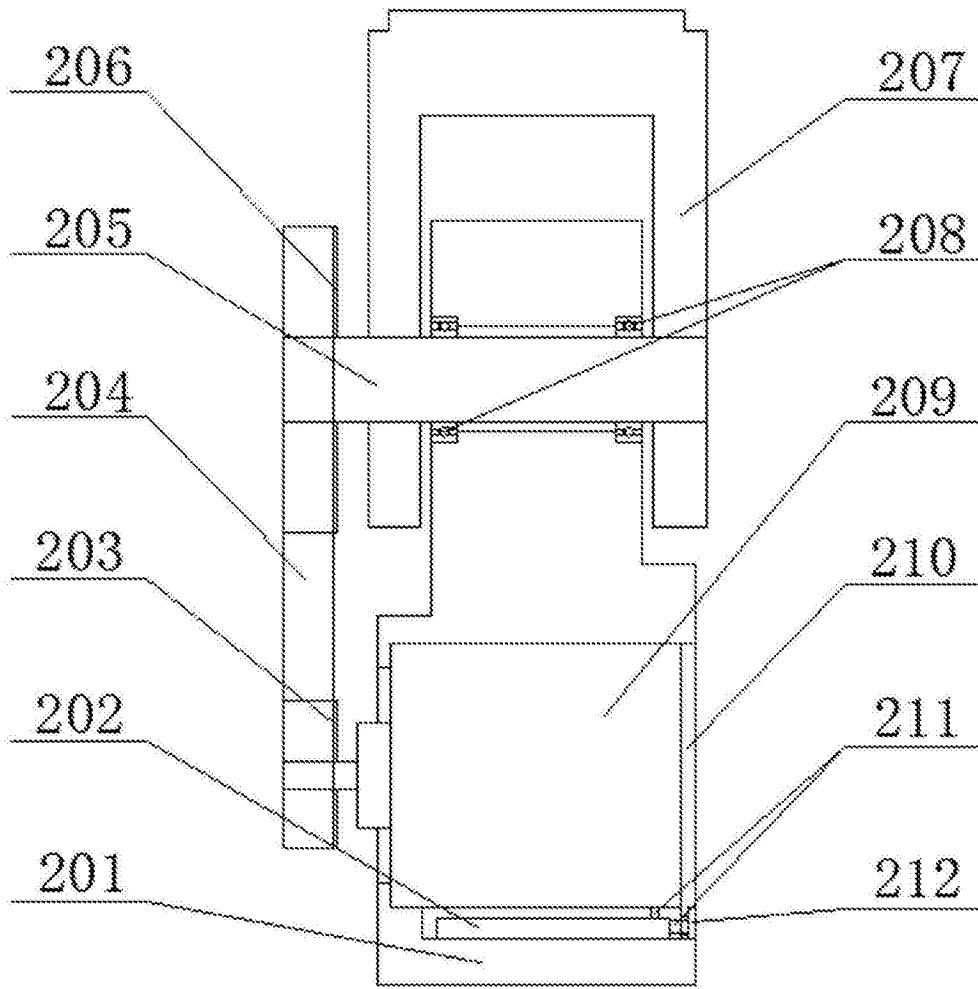


图6

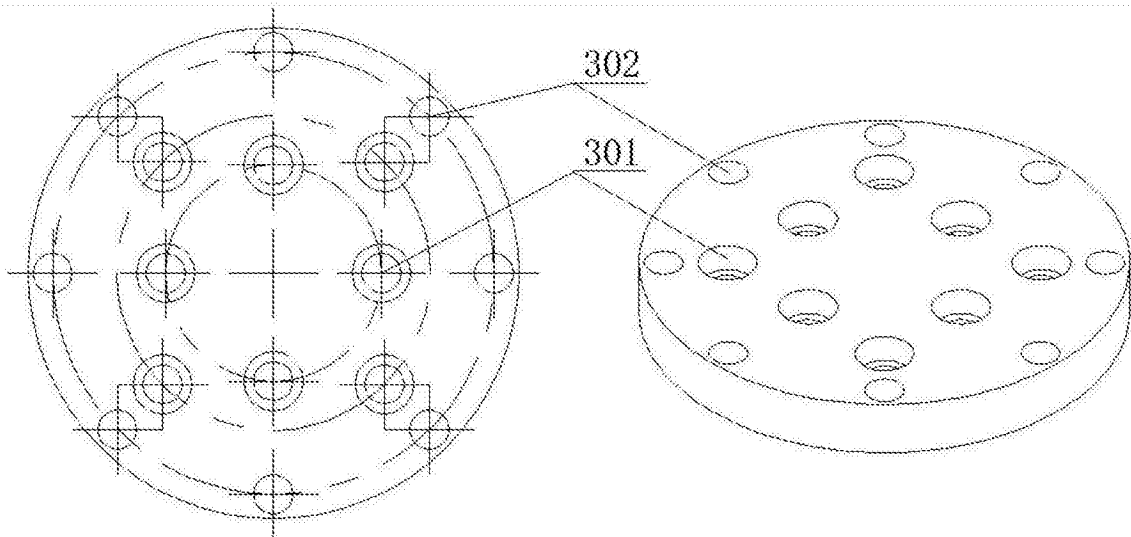


图7

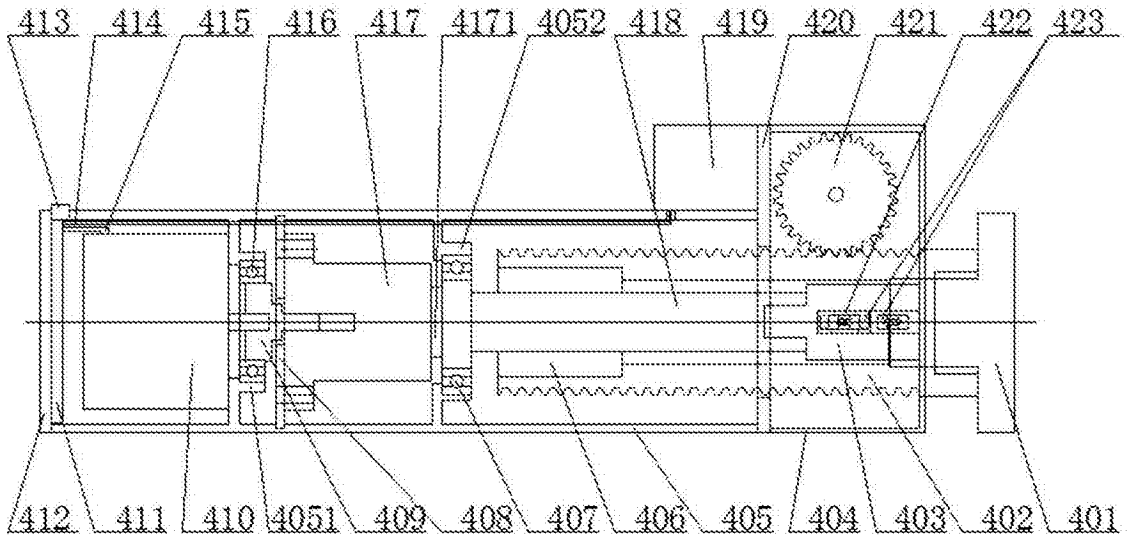


图8

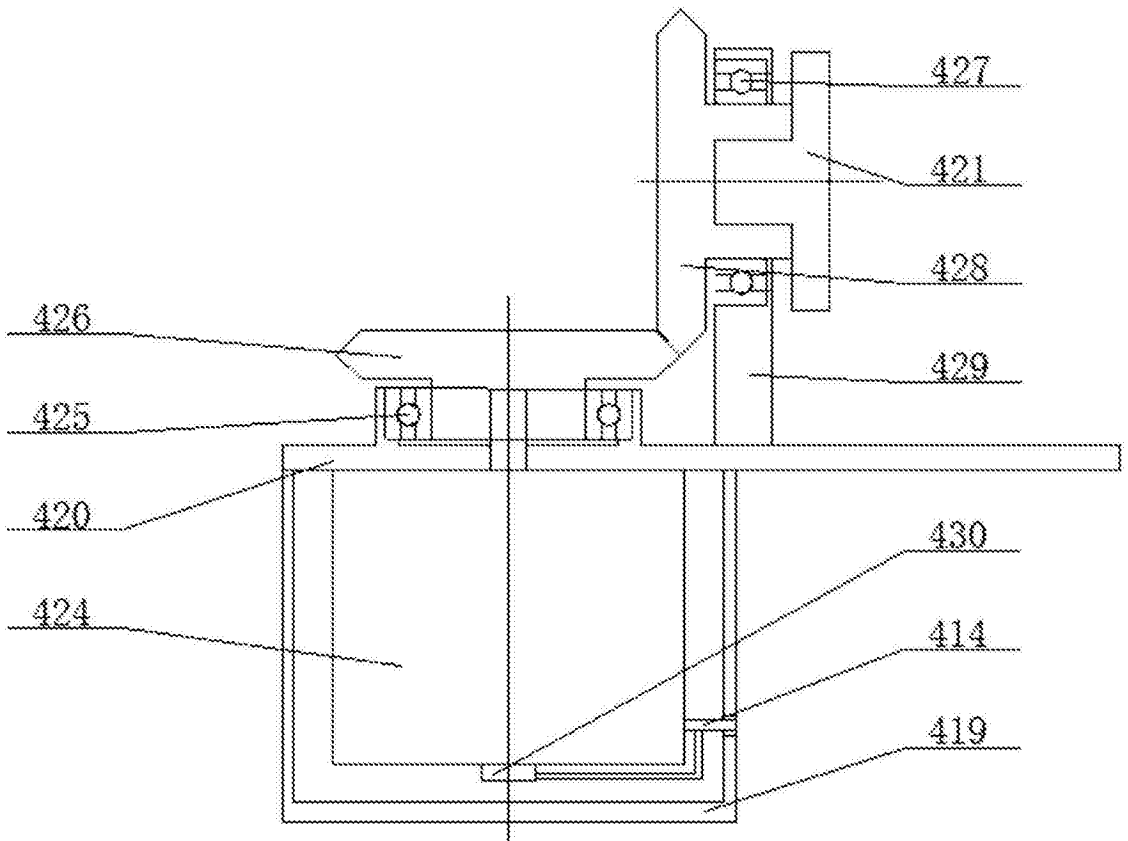


图9

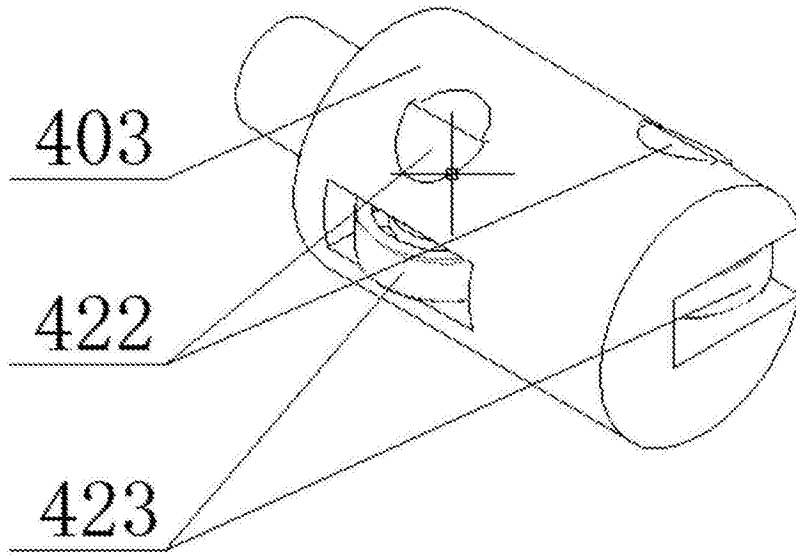


图10

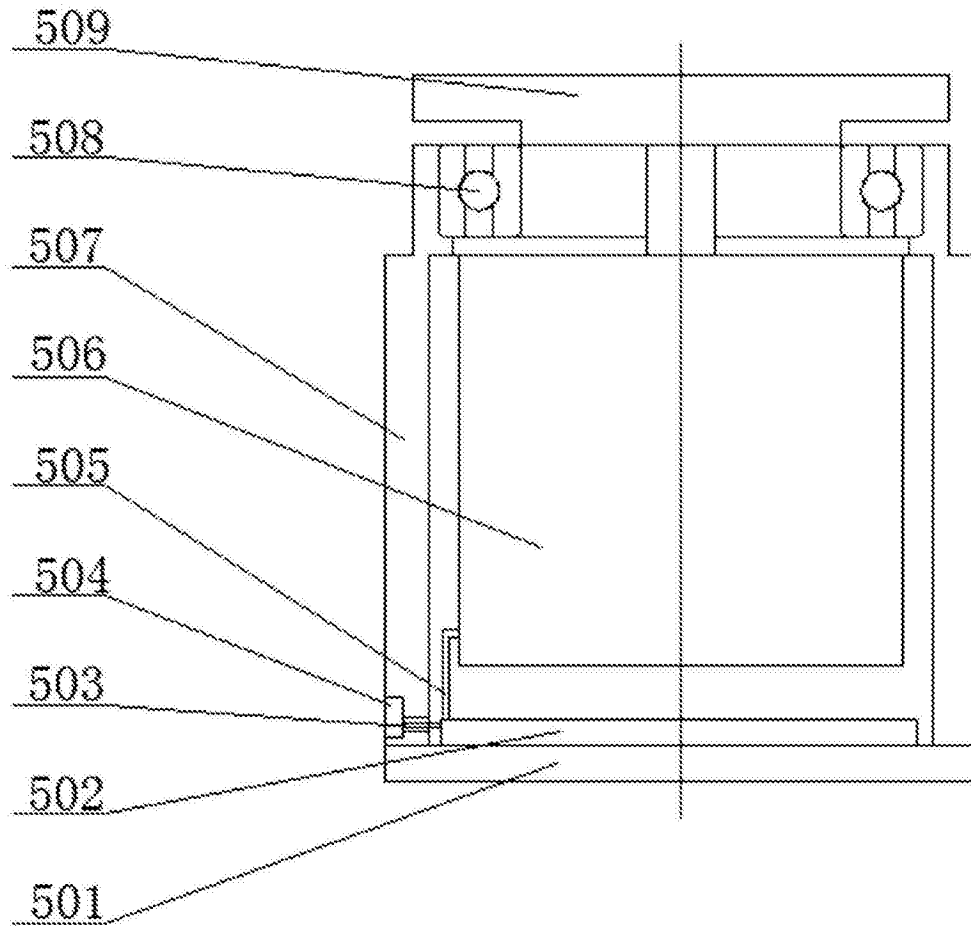


图11