



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106493582 A

(43)申请公布日 2017.03.15

(21)申请号 201611209564.1

(22)申请日 2016.12.23

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

(72)发明人 李开明 杜焯 丁高鹏 李斌丰

郭欢 张志英 赵义顺 周冬珍

李琳 刘宁宁 施俊杰

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 唐代盛

(51)Int.Cl.

B23Q 1/01(2006.01)

B25J 9/00(2006.01)

B25J 9/16(2006.01)

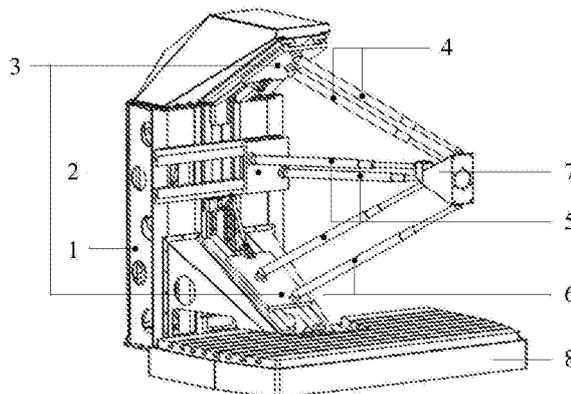
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

## (54)发明名称

一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床

## (57)摘要

本发明公开了一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,包括机架、纵向线性模组、横向两联动直线模组、第一支链组、第二支链组、第三支链组、动平台、工作台;第一支链组、第二支链组、第三支链组的一端分别与第四滑块、第五滑块、第三滑块相连、另一端均与动平台相连,各支链组均通过两端的球铰与纵向线性模组、横向两联动直线模组或动平台相连,组成空间并联闭环结构;横向两联动直线模组与纵向线性模组交叉安装在机架上;通过三个支链组的三平动及纵向线性模组、横向两联动直线模组带动平台的移动,实现机床大的加工范围;本发明提供一种运动灵活、结构紧凑、可规避奇异位形、具备大工作空间的三平动并联机床,特别适合大型工件的加工作业。



1. 一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括机架(1)、纵向线性模组(2)、横向两联动直线模组(3)、第一支链组(4)、第二支链组(5)、第三支链组(6)、动平台(7)和工作台(8);所述机架(1)包括上支座(1-1)、主立柱(1-2)、下支座(1-3);所述纵向线性模组(2)包括第五导轨(2-1)和第五滑块(2-2);

所述主立柱(1-2)上端安装上支座(1-1),主立柱(1-2)的安装板下端安装有下支座(1-3),下支座(1-3)的另一端与工作台(8)连接;纵向线性模组(2)安装在主立柱(1-2)上,第五滑块(2-2)沿着第五导轨(2-1)滑动;所述横向两联动直线模组(3)包括第三滑块(3-3)、第四滑块(3-4)、第三导轨(3-7)、第四导轨(3-8);所述第三导轨(3-7)与下支座(1-3)固联,第三滑块(3-3)沿第三导轨(3-7)滑动;第四导轨(3-8)与上支座(1-1)固联,第四滑块(3-4)沿第四导轨(3-8)滑动;

所述第一支链组(4)、第二支链组(5)、第三支链组(6)的一端分别与第四滑块(3-4)、第五滑块(2-2)、第三滑块(3-3)相连,另一端均与动平台(7)相连。

2. 如权利要求1所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括所述横向两联动直线模组(3)还包括第一滑块(3-1)、第二滑块(3-2)、第一导轨(3-5)、第二导轨(3-6)、推杆(3-9)、第一连杆(3-10)、第二连杆(3-11)、导轨连接件(3-12);

所述第一导轨(3-5)与第二导轨(3-6)均垂直于工作台(8)且在同一垂直方向上,第一导轨(3-5)与主立柱(1-2)固连,下端伸入下支座(1-3);第二导轨(3-6)固定在导轨连接件(3-12)上,导轨连接件(3-12)与上支座(1-1)内部固连;第一滑块(3-1)和第二滑块(3-2)通过推杆(3-9)连接;第一滑块(3-1)、第三滑块(3-3)通过第一连杆(3-10)连接;第二滑块(3-2)、第四滑块(3-4)通过第二连杆(3-11)连接。

3. 如权利要求1所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括所述上支座(1-1)、下支座(1-3)与主立柱(1-2),一起构成C形结构,所述上支座(1-1)、下支座(1-3)与主立柱(1-2)在工作空间的夹角均为 $120^{\circ}$ 。

4. 如权利要求1所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括所述第一支链组(4)、第二支链组(5)、第三支链组(6)结构相同,每组支链组均由两根结构相同的伸缩杆组成;伸缩杆的两端均与球铰连接,伸缩杆的内部采用滚珠丝杠传动,每组支链的两根伸缩杆在机床工作状态下始终保证平行且等长,每组支链采用一个伺服电机同步驱动两根伸缩杆。

5. 如权利要求4所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括所述球铰是一种经过改进的虎克铰,通过在传统虎克铰的底座上增加一个转动副来代替普通球铰,转动范围可达 $-70^{\circ}$ — $70^{\circ}$ 。

6. 如权利要求4所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括每组支链采用两个伺服电机分别驱动两根伸缩杆。

7. 如权利要求1所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括所述动平台(7)为五面体腔体结构,动平台(7)与第一支链组(4)和第三支链组(6)相连接的两端面相交;动平台(7)与第一支链组(4)和第三支链组(6)相连接处的两端均设有与第二支链组(4)相连的凸台面,两个凸台面同平面。

8. 如权利要求1或7所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,其特征包括所述动平台(7)与第一支链组(4)相连端上设有第一铰链孔(7-1)和第二铰链孔(7-

2), 两孔的孔心连线与第四滑块(3-4)上两个铰链孔的孔心连线平行且孔距相等; 动平台(7)与第三支链组(6)相连端上设有第五铰链孔(7-5)和第六铰链孔(7-6), 两孔的孔心连线与第三滑块(3-3)上两个铰链孔的孔心连线平行且孔距相等; 所述两个凸台面分别设有第三铰链孔(7-3)和第四铰链孔(7-4), 两孔的孔心连线与第五滑块(2-2)上两个铰链孔的孔心连线平行且孔距相等。

9. 如权利要求1所述的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床, 其特征在于所述动平台(7)上安装第一支链组(4)的端面与第四滑块(3-4)的端面保持平行, 动平台(7)安装第三支链组(6)的端面与第三滑块(3-3)的端面保持平行, 动平台(7)安装第二支链组(5)的端面与第五滑块(2-2)的端面保持平行。

## 一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床

### 技术领域

[0001] 本发明属于数控制造装备领域,特别是一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床。

### 背景技术

[0002] 在宏大制造领域,传统的单柱式镗铣床、大型龙门铣床等一类机床由于动态性能差、精度低、机身庞大以及造价高等问题,已难以满足现今大型工件的加工要求。并联机床作为一种新概念机床,与传统数控机床相比有其独特的优势,如刚度高、承载能力大、响应速度快、环境适应能力强等。

[0003] 中国专利CN105818137A公开了一种具有三维平动的并联机构,包括动平台、定平台与三组支链,该机构使用三个伺服电机同步驱动一组可伸缩支链,缺点在于该机构工作空间小,不适合大范围工作的情形;中国专利CN103240729A公开了一种空间三平动并联机械手,包括固定机架、动平台以及对称布置在固定机架与动平台之间的三条支链组,每组支链分为近架杆和远架杆,形成空间轴对称多连杆结构,局限性在于刚度较差,工作空间较小;德国Reichenbacher公司推出的Pegasus型木材加工中心,采用三组固定杆长且两端装有万向铰链的杆系,借助铰链将杆系分别与三块移动滑板和动平台相连,缺点在于工作空间狭长和刚度、精度无法满足对金属大工件加工的要求;德国斯图加特大学与澳大利亚的昆士兰大学、挪威的阿格德学院和瑞典ABB公司联合研究的Gantry-Tau并联机器人,该机构采用定长杆加三滑座的布局,在一个滑座有一组平行杆、一个滑座安装三根杆组成两个平行四边形、第三个滑座上装一根杆件,三条水平导轨固定在机架上,通过规划三滑座的运动使动平台从左侧空间转换到右侧空间,从而比其他并联机构有着较大的工作空间。但该机构存在两个问题:一,想要得到更大的工作空间就必须增加导轨的长度,而且该机构的横向工作范围较小,二,动平台在左右空间倒换的轨迹规划异常复杂,且可通过的路径有限。张传旭.C形龙门并联机床总体技术研究[D].南京:南京理工大学,2013,沈晓健.并联式C形龙门铣床机架结构与优化[D].南京:南京理工大学,2015分别公开了一种C形龙门并联机床,是在非对称三平动3-(2SPS)并联机构上附加冗余直线滑动形成大空间并联机床,虽然该机床的可加工的范围较常规并联机床增大,但由于上支链座和下支链座是固定的,动平台不能到达支链座的附近,即工作空间顶部和底部狭小,整个工作空间很不规整,影响机床对高工件或低工件的加工适应性,机床性能优化亦受到限制。

### 发明内容

[0004] 本发明所解决的技术问题在于提供一种运动灵活、结构紧凑、可规避奇异位形、工作空间大而且规整的三平动并联机床,特别适合大型工件的加工作业。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为:

[0006] 一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床,包括机架、纵向线性模组、横向两联动直线模组、第一支链组、第二支链组、第三支链组、动平台和工作台;所述机架包

括上支座、主立柱、下支座；所述纵向线性模组包括第五导轨和第五滑块；

[0007] 所述主立柱上端安装上支座，主立柱的安装板下端安装下支座，下支座的另一端与工作台连接；纵向线性模组安装在主立柱上，第五滑块沿着第五导轨滑动；所述横向两联动直线模组包括第三滑块、第四滑块、第三导轨、第四导轨；所述第三导轨与下支座固联，第三滑块沿第三导轨滑动；第四导轨与上支座固联，第四滑块沿第四导轨滑动；

[0008] 所述第一支链组、第二支链组、第三支链组的一端分别与第四滑块、第五滑块、第三滑块相连，另一端均与动平台相连。

[0009] 本发明与现有技术相比，其显著优点：

[0010] (1) 采用开式机架的设计有利于并联机床实现较大的工作空间；

[0011] (2) 少自由度并联机构结构简单紧凑，便于装配，且整机重量轻，易于控制；

[0012] (3) 根据并联机床的位姿描述及空间坐标变换理论，由于机床进行三个方向平动，无转动自由度，故姿态矩阵为单位阵，运动学正解也相对容易；

[0013] (4) 采用附加的冗余直线模组，扩大了动平台的运动范围，而机架与工作台采用固定方式，进而减小了机床占用空间；

[0014] (5) 采取附加两个冗余滑动的设计有利于规避奇异位形，提高并联机床的运动性能与刚度，并且有利于增大并联机床的工作空间，使工作空间规整，能够满足对大工件加工的要求。

## 附图说明

[0015] 图1为本发明机床立体结构示意图。

[0016] 图2为本发明机架结构示意图。

[0017] 图3为本发明横向两联动直线模组示意图。

[0018] 图4为本发明机床机构简图。

[0019] 图5为本发明动平台立体结构示意图。

[0020] 图6为本发明虎克铰附加转动副式球铰结构示意图。

[0021] 图7为本发明虎克铰附加转动副式球铰机构简图。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合图1至图7对本发明做进一步说明：

[0023] 结合图1，本发明中的一种附加两个冗余滑动的大工作空间三平动并联机床，包括机架1、纵向线性模组2、横向两联动直线模组3、第一支链组4、第二支链组5、第三支链组6、动平台7和工作台8；

[0024] 所述机架1包括上支座1-1、主立柱1-2、下支座1-3；所述纵向线性模组2为单自由度的移动副，包括第五导轨2-1和第五滑块2-2；所述主立柱1-2上端安装上支座1-1，主立柱1-2的安装板下端安装下支座1-3，下支座1-3的另一端与工作台8连接；纵向线性模组2安装在主立柱1-2中间，第五滑块2-2沿着第五导轨2-1平行于工作台8水平滑动；第五滑块2-2上设置两个安装第二支链组5的铰链孔；

[0025] 所述纵向线性模组2使用伺服电机驱动，从而提供冗余直线滑动，该冗余直线滑动起规避奇异位形，增大机床工作空间的作用；

[0026] 所述横向两联动直线模组3包括第三滑块3-3、第四滑块3-4、第三导轨3-7、第四导轨3-8；

[0027] 所述第三导轨3-7与下支座1-3固联，第三滑块3-3沿第三导轨3-7滑动；第四导轨3-8与上支座1-1固联，第四滑块3-4沿第四导轨3-8滑动；第三滑块3-3和第四滑块3-4在相应导轨上的滑动；

[0028] 所述第一支链组4、第二支链组5、第三支链组6的一端分别与第四滑块3-4、第五滑块2-2、第三滑块3-3相连，另一端均与动平台7相连；

[0029] 作为优选的实施方式，结合图2，所述主立柱1-2为长方体腔体结构；上端安装上支座1-1，主立柱1-2正对工作台8一端为安装纵向线性模组2和下支座1-3的安装板，安装板下端安装有下支座1-3，下支座1-3的另一端与工作台8连接；上支座1-1、主立柱1-2和下支座1-3一起构成C形结构；上支座1-1为六面体腔体结构，下端与主立柱1-2的上端相连；下支座1-3为六面体腔体结构，且相对主立柱1-2中间对称，对称的两端为直角梯形结构；与主立柱1-2安装板连接的为较大的矩形结构，与工作台8安装为较小的矩形结构；

[0030] 作为优选的实施方式，所述上支座1-1、下支座1-3与主立柱1-2在工作空间的夹角均为 $120^\circ$ ；使得第三导轨3-7、第四导轨3-8与主立柱1-2竖直方向夹角均为 $120^\circ$ ；

[0031] 在一些实施方式中，结合图3，所述横向两联动直线模组3还包括第一滑块3-1、第二滑块3-2、第一导轨3-5、第二导轨3-6、推杆3-9、第一连杆3-10、第二连杆3-11、导轨连接件3-12；

[0032] 所述第一导轨3-5与第二导轨3-6均垂直于工作台8且在同一垂直方向上，第一导轨3-5与主立柱1-2固连，下端伸入下支座1-3；第二导轨3-6固定在导轨连接件3-12上，导轨连接件3-12与上支座1-1内部固连；第一滑块3-1和第二滑块3-2通过两根推杆3-9连接；第一滑块3-1、第三滑块3-3上均设置有耳轴座，用于铰接第一连杆3-10，第一滑块3-1、第三滑块3-3通过第一连杆3-10连接，形成下滑块组；当第一滑块3-1沿第一导轨3-5滑动时，第一滑块3-1通过第一连杆3-10带动第三滑块3-3沿第三导轨3-7滑动；第二滑块3-2、第四滑块3-4上均设置有耳轴座，用于铰接第二连杆3-11，第二滑块3-2、第四滑块3-4通过第二连杆3-11连接，形成上滑块组；当第二滑块3-2沿第二导轨3-6滑动时，第二滑块3-2通过第二连杆3-11带动第四滑块3-4沿第四导轨3-8滑动；在推杆3-9的传递作用下，上滑块组与下滑块组形成联动关系，驱动第一滑块3-1，其它各滑块就有相应的运动。第四滑块3-4设有两个连接第一支链组4的铰链孔，第三滑块3-3设有两个连接第三支链组6的铰链孔；

[0033] 所述横向两联动直线模组3使用伺服电机-丝杠螺母驱动，丝杠螺母带动第一滑块3-1滑动，推杆3-9推动第二滑块3-2运动，使得第三滑块3-3、第四滑块3-4随之运动；在所述各导轨角度关系下，设置第一滑块3-1上的耳轴处于第三导轨3-7与第一导轨3-5交汇点为初始位置，当第一滑块3-1连带第二滑块3-2从初始位置向上滑动时，第三滑块3-3移动距离显著，而第四滑块3-4移动距离很小，反之，第一滑块3-1连带第二滑块3-2从初始位置向下滑动时，第四滑块3-4移动距离显著，而第三滑块3-3移动距离很小，正因为驱动第一滑块3-1引起第三滑块3-3、第四滑块3-4的差别化两联动，该运动特性用于填补机床的作业盲区，有利于增大并联机床的工作空间，使工作空间规整，能够满足对大工件加工的要求；

[0034] 纵向线性模组2的第五导轨2-1与横向两联动直线模组3的第一导轨3-5垂直安装在主立柱1-2上；所述纵向线性模组2、横向两联动直线模组3，其中机床的纵向和横向是以

其坐标系来定义的,在水平方向,机床加工范围大,定义其为纵向,竖直方向相应定义为横向;

[0035] 作为优选的实施方式,结合图4、图6、图7,所述第一支链组4、第二支链组5、第三支链组6结构相同,每组支链组均由两根结构相同的伸缩杆组成;伸缩杆的两端均为球铰;伸缩杆的内部采用的滚珠丝杠传动,每组支链的两根伸缩杆在机床工作状态下始终保持平行且等长,每组支链采用一个伺服电机同步驱动两根伸缩杆;

[0036] 在一些实施方式中,每组支链采用两个伺服电机分别驱动两根伸缩杆;

[0037] 作为对上述实施方式的进一步改进,所述球铰是一种经过改进的虎克铰,通过在传统虎克铰的底座上增加一个转动副来代替普通球铰,转动范围可达 $-70^{\circ}$ — $70^{\circ}$ ;

[0038] 第一支链组4的两根伸缩杆的一端均通过球铰与第四滑块3-4相连,另一端均通过球铰与动平台7相连;所述第二支链组5的两根伸缩杆的一端均通过球铰与第五滑块2-2相连,另一端均通过球铰与动平台7相连;所述第三支链组6的两根伸缩杆的一端均通过球铰与第三滑块3-3相连,另一端均通过球铰与动平台7相连,从而组成空间并联闭环结构;

[0039] 作为优选的实施方式,结合图5,所述动平台7为五面体腔体结构,动平台7与第一支链组4和第三支链组6相连接端均为四边形结构,两端面相交且夹角为 $60^{\circ}$ ;动平台7与第一支链组4相连端上设有用于连接第一支链组4两根伸缩杆的第一铰链孔7-1和第二铰链孔7-2,两孔的孔心连线与第四滑块3-4上连接第一支链组4的两铰链孔的孔心连线平行且孔距相等;

[0040] 动平台7与第三支链组6相连端上设有用于连接第三支链组6两根伸缩杆的第五铰链孔7-5和第六铰链孔7-6,两孔的孔心连线与第三滑块3-3上两铰链孔的孔心连线平行且孔距相等;

[0041] 动平台7与第一支链组4和第三支链组6相连接处的两端均设有与第二支链组5相连的凸台面,两个凸台面同平面,且分别设有第三铰链孔7-3和第四铰链孔7-4,两孔的孔心连线与第五滑块2-2上两铰链孔的孔心连线平行且孔距相等;与凸台面平行相对的另一端为长方形平面结构,且中间设有安装工作装置电主轴的安装孔;动平台7另外两个端面为等腰梯形结构,均分别与凸台面和长方形结构相交;

[0042] 所述动平台7上安装第一支链组4的端面与第四滑块3-4的端面保持平行,动平台7安装第三支链组6的端面与第三滑块3-3的端面保持平行,动平台7安装第二支链组5的端面与第五滑块2-2的端面保持平行;

[0043] 机架1的主立柱1-2、下支座1-3、工作台8均设有地脚螺栓安装孔,安装机床时,通过地脚螺栓固定,以增加机床的整体稳定性;且机架1与工作台8不会像传统机床做大范围的相对运动,节约了机床的占用空间,也减轻了机床的整体重量;

[0044] 在本发明中,上述上支座1-1、下支座1-3与主立柱1-2在工作空间的夹角可做适当调整;动平台7与第一支链组4和第三支链组6相连接的两个端面的夹角,在保证:动平台7上安装第一支链组4的端面与第四滑块3-4的端面保持平行,动平台7安装第三支链组6的端面与第三滑块3-3的端面保持平行,动平台7安装第二支链组5的端面与第五滑块2-2的端面保持平行的情况下,可做角度的调整;

[0045] 由于本发明中并联机床动平台7无姿态变化,根据并联机床的位姿描述及空间坐标变换理论,由于机床进行三个方向平动,无转动自由度,故姿态矩阵为单位阵,运动学正

解也相对容易；

[0046] 本发明所属技术领域中具有通常知识者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作各种的更动与润饰。在不脱离本发明宗旨的情况下,做出的相关变形,均属于发明保护范围。

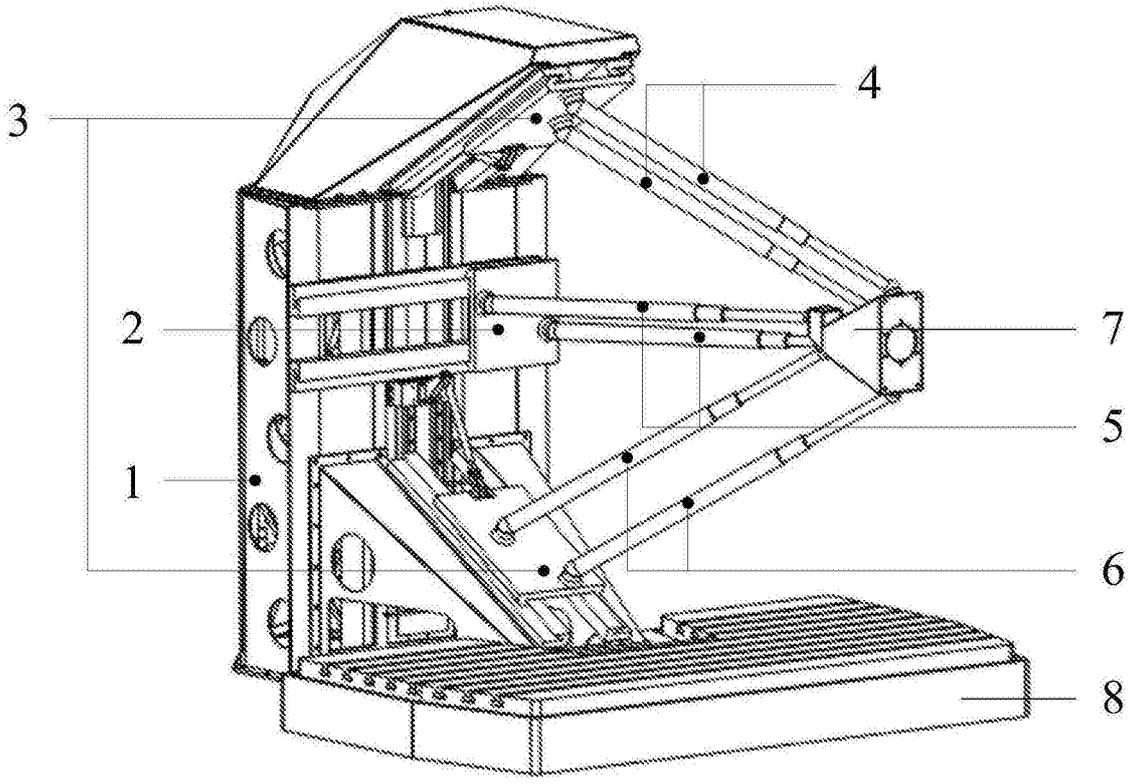


图1

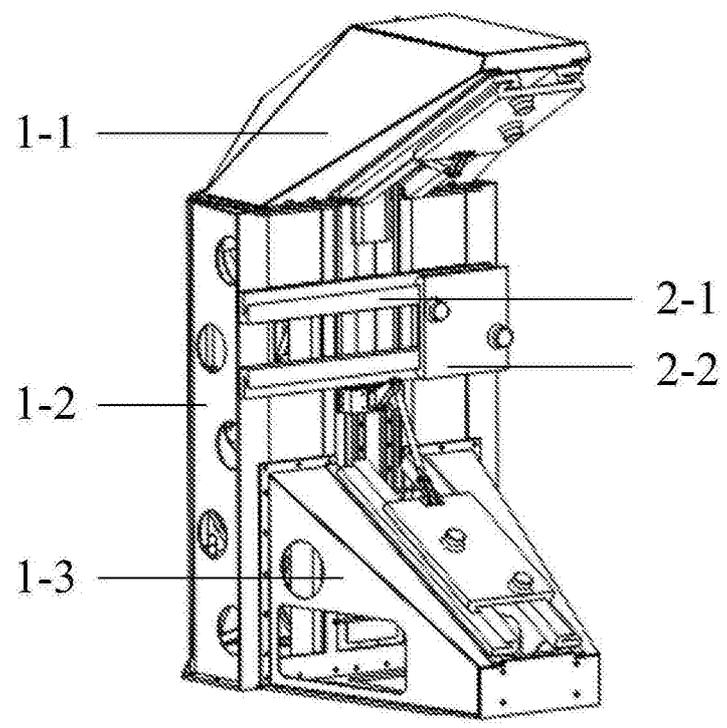


图2

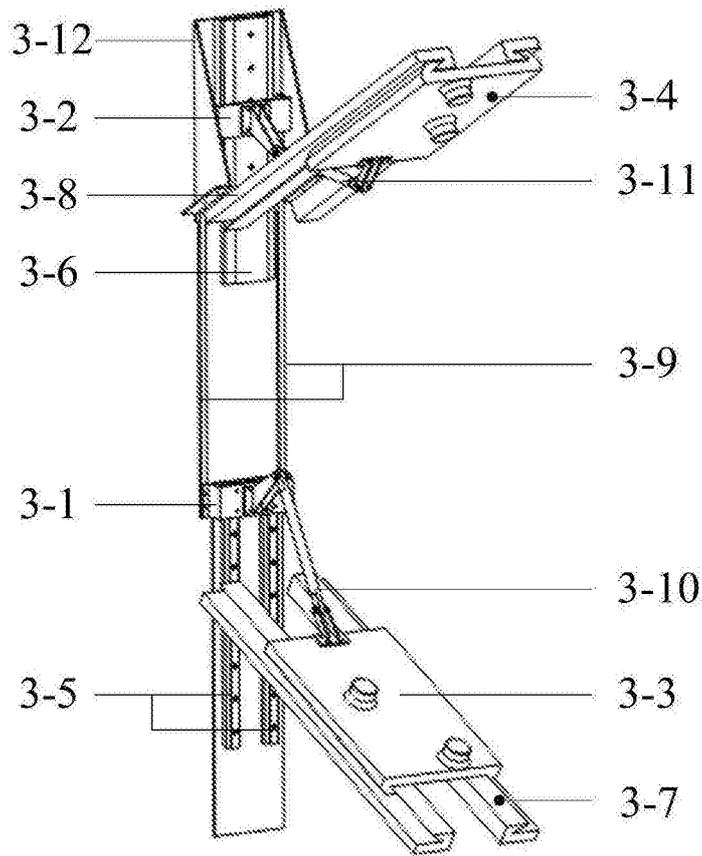


图3

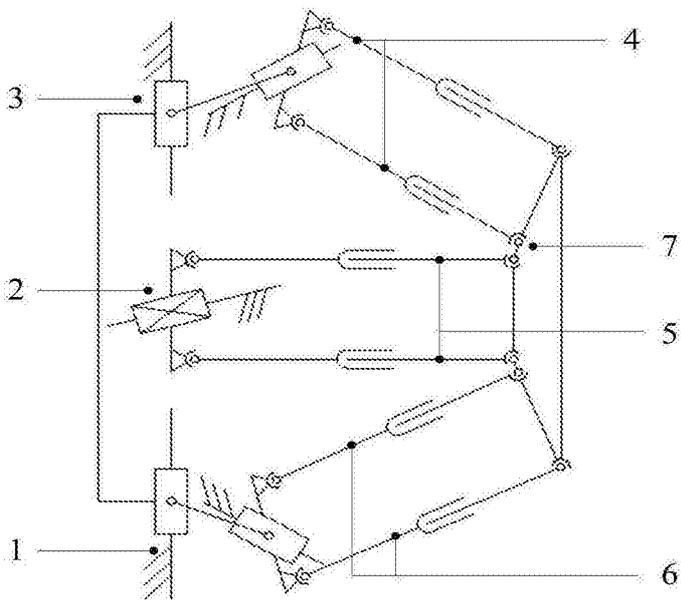


图4

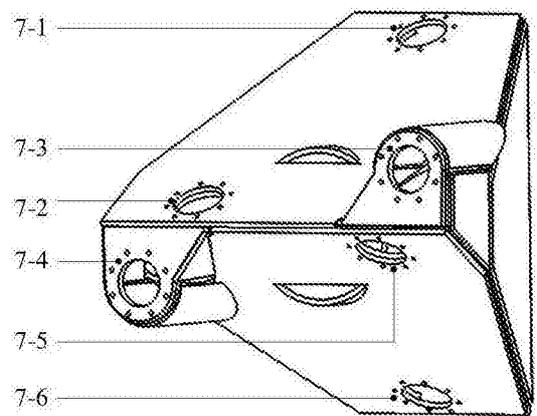


图5

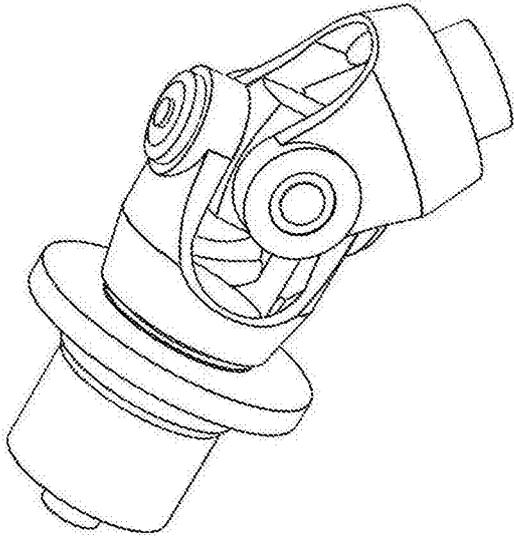


图6

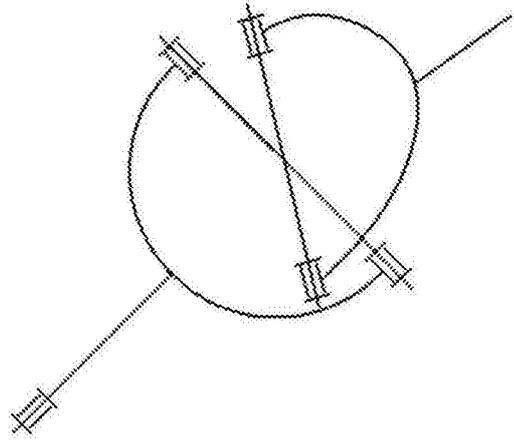


图7