

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810123869. X

[51] Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 19/00 (2006.01)

F16M 11/00 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 11 月 12 日

[11] 公开号 CN 101301753A

[22] 申请日 2008.5.27

[21] 申请号 200810123869. X

[71] 申请人 中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街 188 号

[72] 发明人 杨德华 周国华 陈昆新

[74] 专利代理机构 南京知识律师事务所

代理人 栗仲平

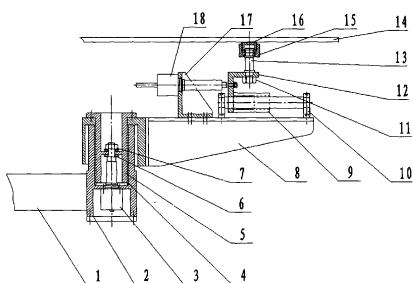
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 7 页

[54] 发明名称

摆臂式六自由度机构

[57] 摘要

摆臂式六自由度机构，设有底座机架和与其连接的动平台刚体，底座机架与动平台刚体的连接方式如下，机架上设有三根垂直于机架平面的可伸缩的立柱，该三根可伸缩的立柱分别固定在机架上一等边三角形的三个顶点上；每个根可伸缩立柱上各设有一个可伸缩的摆臂，各可伸缩的摆臂与可伸缩立柱垂直，各个可伸缩的摆臂一端分别与可伸缩立柱顶端固连，构成悬臂梁；各个可伸缩摆臂的另一端通过球铰固接在动平台上一等边三角形的三个顶点上。本发明同时实现对被支撑物的轴向支撑和径向支撑，温度变形和应力可由摆臂的摆动来消除；构件之间耦合程度小，有利于运动控制；允许动平台和底座机架平面共面和互相穿越，适用于空间高度小而位移及自转范围大的场合。



1、一种摆臂式六自由度机构，设有底座机架和与其连接的动平台刚体，其特征在于，底座机架与动平台刚体的连接方式如下，

在机架上设有三根垂直于机架平面的可伸缩的立柱，该三根可伸缩的立柱分别固定在机架上一等边三角形的三个顶点上；

每个根可伸缩立柱上各设有一个可伸缩的摆臂，各可伸缩的摆臂与可伸缩立柱垂直，所述的各个可伸缩的摆臂一端分别与可伸缩立柱顶端固连，构成悬臂梁；

所述的各个可伸缩摆臂的另一端通过球铰固接在动平台上一等边三角形的三个顶点上。

2、根据权利要求1所述的摆臂式六自由度机构，其特征在于，所述的可伸缩立柱和可伸缩摆臂的驱动方式采用液压、气动、丝杆、压电陶瓷或磁致材料实施；柱铰、球铰和平动导向机构的实现方式采用普通滑动轴承、滚柱轴承、关节轴承、球面轴承、柔性铰链、直线导轨或柔性导向机构。

3、根据权利要求1或2所述的摆臂式六自由度机构，其特征在于，所述的可伸缩立柱的具体结构是：在机架1的三个顶点处各设置一个滑动轴座（2），将电机（3）固联于滑动轴座（2）的横板上，电机（3）的出轴采用端面轴承（6）和螺母（7）联接于轴套（5）的横板上。轴套（5）和滑动轴座（2）之间衬有滑动轴衬（4），以形成垂直于机架（1）平面的可伸缩的立柱。

4、根据权利要求1或2所述的摆臂式六自由度机构，其特征在于，所述的可伸缩摆臂的具体结构是：导轨（9）两端通过导轨座（10）紧固安装在摆

臂(8)的上平面，并将电机(18)通过电机连接板(17)紧固在摆臂(8)的上平面，电机(18)的出轴通过导轨滑块连接板(12)联接于导轨(9)上，构成可伸缩的摆臂，并通过螺母(11)将关节轴承(13)的下端紧固在导轨滑块连接板(12)的上平面。关节轴承(13)的上端轴承外圈通过压盖螺母(15)和圆垫(16)相联接。

摆臂式六自由度机构

技术领域

本发明涉及一种运动执行和定位装置，具体涉及一种摆臂式六自由度机构，是一种用于尤其用于需要实现六个自由度的刚体运动和定位功能的机器人执行机构或需要主动调整姿态的物体的支撑机构。

背景技术

根据机械原理，机构要实现某种数量自由度的运动，就必须具有相应数量的独立的原运动。为实现运动执行构件的全部六个自由度的刚体运动，已有多种形式的机构，其中经典的六杆机构或称六杆万向平台是最为常用的六自由度运动执行和定位机构。如图1所示，在该平台装置中设有六根可伸缩杆20联接动平台和底座机架1，动平台14将具有所有六个自由度的刚体运动。可伸缩杆20的下端联结点Bi和Bi' (i=1, 2, 3。下同) 是具有两个转动自由度的虎克铰13-2，即，各杆可以绕其下端联结点在两个方向上自由转动；可伸缩杆20的中部联结点有一个自由度，即，杆可以调节其长度；杆的上端联结点Pi和Pi'是具有三个转动自由度的虎克铰13-1 (也称球铰)，即，允许任何方向的转动。六杆万向平台正是依靠它的六根独立的可伸缩杆来实现动平台的所有六个自由度的刚体运动。

经典六杆机构的缺点是六根可伸缩杆之间存在严重耦合关系，使得其机构分析和运动控制困难复杂；当动平台和底座机架共面时以及当动平台倾斜至其几何中心和任何一根杆的两端点共线时，将会发生不稳定的奇异现象，

这一特性以及其本身结构形式使之不适用于在空间高度较小而侧向位移以及动平台自转范围要求较大的场合。

发明内容

为了解决现有技术的上述问题，本发明的目的是提供一种六自由度机构，该机构在实现运动执行构件的全部六个自由度的刚体运动的同时，可以同时实现对被支撑物的轴向支撑和径向支撑，且机架和被支撑物因热效应造成的温度变形和应力可由摆臂的一致摆动来消除，并允许被支撑物自身的变形。

为了能够更清楚地说明本发明所采用的技术方案，首先说明一个自由度为0的过渡方案，然后在该过渡方案的基础上再进一步说明本发明的一种六自由度机构（并称之为摆臂式六自由度机构）。

该过渡方案是：一种摆臂式三点支撑的被动式支撑机构，如图2和图3所示，在机架1上选取呈等边三角形分布的三点（或机架设计成等边三角形），从这三点上旋转对称地伸出三个共面的摆臂8（摆角V的大小由具体设计确定），并均平行于机架1所在平面，其末端也构成等边三角形，并连接于被支撑物体14，从而构成摆臂式三点支撑的被动式支撑机构。因三个摆臂8相隔 120° 均匀分布，且几何参数完全相同，显然，被支撑物14所在平面和机架1所在平面平行且具有公共中心法线。摆臂8一端与被支撑物14连接处为具有三个旋转自由度的球铰13-1，另一端与机架1连接处是垂直于机架1所在平面的具有一个旋转自由度的柱铰19。从而，这种摆臂式三点支撑机构可以同时实现对被支撑物的轴向支撑和径向支撑，即，轴向支撑功能由摆臂抗弯能力提供，径向支撑功能由摆臂的抗拉压能力实现；机架和被支撑物因热效应造成的温度变形和应力可由摆臂的摆动来消除；也允许被支撑物自身的变形；

其变形将由球铰自由转动而释放，从而不会传递至摆臂。该支撑机构具有原理清晰明了、结构对称紧凑和工艺简单等优点。

在了解了以上摆臂式三点支撑的被动式支撑机构基础上，进一步说明本发明的技术方案：

一种摆臂式六自由度机构，设有底座机架和与其连接的动平台刚体，其特征在于，底座机架与动平台刚体的连接方式如下，

在机架上设有三根垂直于机架平面的可伸缩的立柱，该三根可伸缩的立柱分别固定在机架上一等边三角形的三个顶点上；

每根可伸缩立柱上各设有一个可伸缩的摆臂，各可伸缩的摆臂与可伸缩立柱垂直，所述的各个可伸缩的摆臂一端分别与可伸缩立柱顶端固连，构成悬臂梁；

所述的各个可伸缩摆臂的另一端通过球铰固接在动平台上一等边三角形的三个顶点上。

换言之，本发明的技术方案如图4和图5所示，一种摆臂式六自由度机构：将被支撑物14视为被支撑的动平台刚体14；将三个柱铰Bi处的回转轴分别设计成垂直于机架1平面的可伸缩的立柱19-1（记为BiAi），即相当于每根可伸缩立柱19-1（BiAi）相对于机架1（以B1-B2-B3面表示）在Bi处各具有一个回转自由度和一个平动自由度共两个自由度；将三个摆臂也分别设计成可伸缩的摆臂8-1（记为AiPi），并与可伸缩立柱19-1垂直，其一端与可伸缩立柱19-1顶端固连于Ai处，构成悬臂梁，另一端通过球铰13-1与动平台14（以P1-P2-P3面表示）相连于Pi处，即相当于每根可伸缩摆臂8-1（AiPi）和动平台14联接点Pi处各具有三个旋转自由度和一个平动自由度共四个自由度。这

样，动平台将具有六个自由度的刚体运动，即，实现了摆臂式六自由度机构。

参见图6，取可伸缩立柱5等高且可伸缩摆臂8等长时为初始位置，这时，该摆臂式六自由度机构的动平台14平行于机架1的平面，且二者中心法线重合；初始摆角V的大小、立柱的高度以及摆臂的长度由具体设计要求确定；可伸缩立柱19-1和可伸缩摆臂8-1的驱动方式可根据具体要求采用诸如液压、气动、丝杆、压电陶瓷以及磁致材料等方式来实施，而柱铰、球铰和平动导向机构的实现方式也可根据具体要求采用普通滑动轴承、滚柱轴承、关节轴承、球面轴承、柔性铰链、直线导轨和柔性导向机构等方式来实施。

也可将可伸缩立柱19-1和可伸缩摆臂8-1的位置进行对调，或者说，将动平台14和底座机架1功能对调，即以动平台为机架而以机架为动平台，从而可给出如图5所示的另一种摆臂式六自由度机构的结构型式。

下文以图4和图5所示的摆臂式六自由度机构型式为对象，对其运动自由度数进行理论计算以及对其机构特性作进一步说明。

1. 自由度分析

摆臂式六自由度机构可实现的自由度数可运用Grubler公式进行计算：

$$F = 6(n - g - 1) + \sum_{i=1}^g f_i \quad (1)$$

(1) 式中， F 为自由度数， n 为机构中构件数， g 为运动副数， f_i 为第*i*个运动副的自由度数。参见图3和图4，该摆臂式六自由度机构中，据上文所述，相当于铰链Bi ($i=1,2,3$, 下同) 分别具有2个自由度，铰链Pi分别具有4个自由度，且有 $n=5$, $g=6$, $f_{B1}=f_{B2}=f_{B3}=2$, $f_{P1}=f_{P2}=f_{P3}=4$ ，故其自由度数 F 为

$$F=6\times(5-6-1)+3\times(2+4)=6$$

因此，该摆臂式六自由度机构具有6个自由度，即，动平台可实现全部六

个刚体自由度。

2. 稳定性分析

参见图4和图5, 该摆臂式六自由度机构在如下两种情况下将是不稳定的:

1) 当三根可伸缩摆臂的端点Ai和Pi所在直线同时通过机架过O点的法线时 (允许三根可伸缩立柱伸缩量不一致), 从图5俯视图看, 相当于交汇于O点, 即动平台的运动瞬心处于机架过O点的法线上, 这时, 摆臂式六自由度机构是不稳定的。这种情况又可分为图7和图8两种情形。图7为动平台三角形 (即, 三根可伸缩的摆臂的端点在动平台上固定处的等边三角形) P1P2P3 大于机架三角形 (即, 三根可伸缩的立柱在机架上固定处的等边三角形) B1B2B3 的情形, 图8为动平台三角形P1P2P3小于机架三角形B1B2B3的情形。而当动平台三角形和机架三角形全等时, 在这种情况下该摆臂式六自由度机构则是稳定的。

2) 当三根可伸缩摆臂的端点Ai和Pi所在直线有任意两条共面时, 也即任意两条和机架三角形某一边出现三线共面时 (允许三根可伸缩立柱伸缩量不一致, 同时允许三根可伸缩摆臂伸缩量不一致), 这时, 摆臂式六自由度机构也是不稳定的。这种情况也可分为图9和图10两种情形。图9为动平台三角形P1P2P3大于和等于机架三角形B1B2B3的情形, 图10为动平台三角形P1P2P3小于机架三角形B1B2B3的情形。

以上不稳定位置均可通过设定摆臂式六自由度机构的工作范围来回避。

本发明的有益效果是: 摆臂式三点支撑的被动式支撑机构可以同时实现对被支撑物的轴向支撑和径向支撑, 且机架和被支撑物因热效应造成的温度变形和应力可由摆臂的摆动来消除, 并允许被支撑物自身的变形。具有原理

清晰明了、结构对称紧凑和工艺简单等优点。相对于经典六杆机构，摆臂式六自由度机构构件之间耦合程度小，比如，当用P1、P2和P3三点坐标表征的动平台位置已知时，即可直接得出三根可伸缩立柱的高度，即对应该三点的高度方向坐标，从而直接得出三根立柱的伸缩量，并进而简单得出三根水平摆臂的伸缩量，这一特性有利于运动控制；本发明允许动平台和底座机架平面共面和互相穿越，且适用于空间高度较小而侧向位移以及动平台自转范围要求较大的场合。

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

附图说明

图1 经典六杆机构示意图；

图2 过渡方案摆臂式三点支撑机构俯视图；

图3 过渡方案摆臂式三点支撑机构立体示意图；

图4 本发明摆臂式六自由度机构轴测示意图；

图5 摆臂式六自由度机构俯视图；

图6 摆臂式六自由度机构轴测示意图二；

图7 摆臂式六自由度机构不稳定状态示意图一；

图8 摆臂式六自由度机构不稳定状态示意图二；

图9 摆臂式六自由度机构不稳定状态示意图三

图10 摆臂式六自由度机构不稳定状态示意图四；

图11 电机驱动方式的摆臂式六自由度机构实施例局部剖视图；

图12 电机驱动方式的摆臂式六自由度机构实施例俯视图。

图中1.机架，2.滑动轴座，3.电机，4.滑动轴衬，5.轴套，6.端面轴承，7.

螺母，8. 摆臂，9.导轨，10.导轨座，11.螺母，12.导轨滑块连接板，13.关节轴承，14. 动平台，15. 压盖螺母，16.圆垫，17.电机连接板，18.电机。

具体实施方式

实施例1，在图11和图12中，由下往上，在机架1的三个顶点处各设置一个滑动轴座2，将电机3固联于滑动轴座2的横板上，电机3的出轴采用端面轴承6和螺母7联接于轴套5的横板上。轴套5和滑动轴座2之间衬有滑动轴衬4，以形成垂直于机架1平面的滑动柱铰（可伸缩的立柱）。摆臂8与轴套5通过法兰相连成为一体。导轨9两端通过导轨座10紧固安装在摆臂8的上平面，并将电机18通过电机连接板17紧固在摆臂8的上平面，电机18的出轴通过导轨滑块连接板12联接于导轨9上（构成可伸缩的摆臂），并通过螺母11将关节轴承13的下端紧固在导轨滑块连接板12的上平面。关节轴承13的上端轴承外圈通过压盖螺母15和圆垫16相联接，圆垫16上端与动平台14相固联。以上零件除机架1和动平台14各为一个外，其它均为三组，均按上述方式安装联接，并按图12所示方式旋转对称设置。

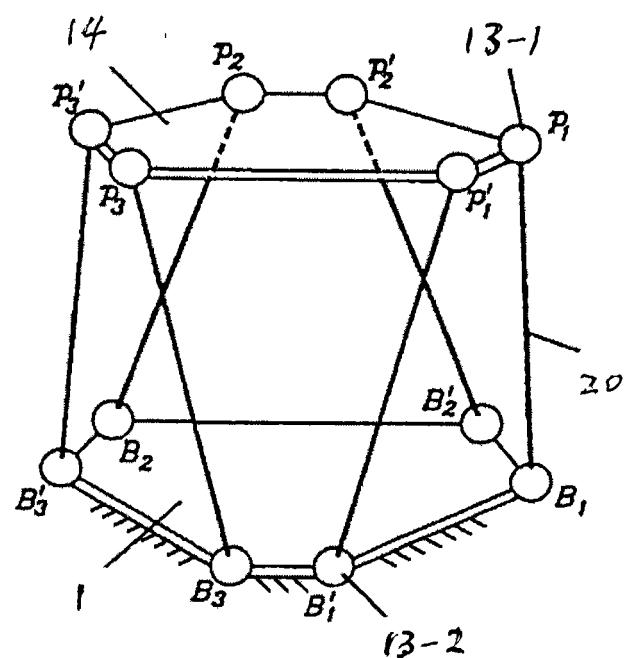


图 1

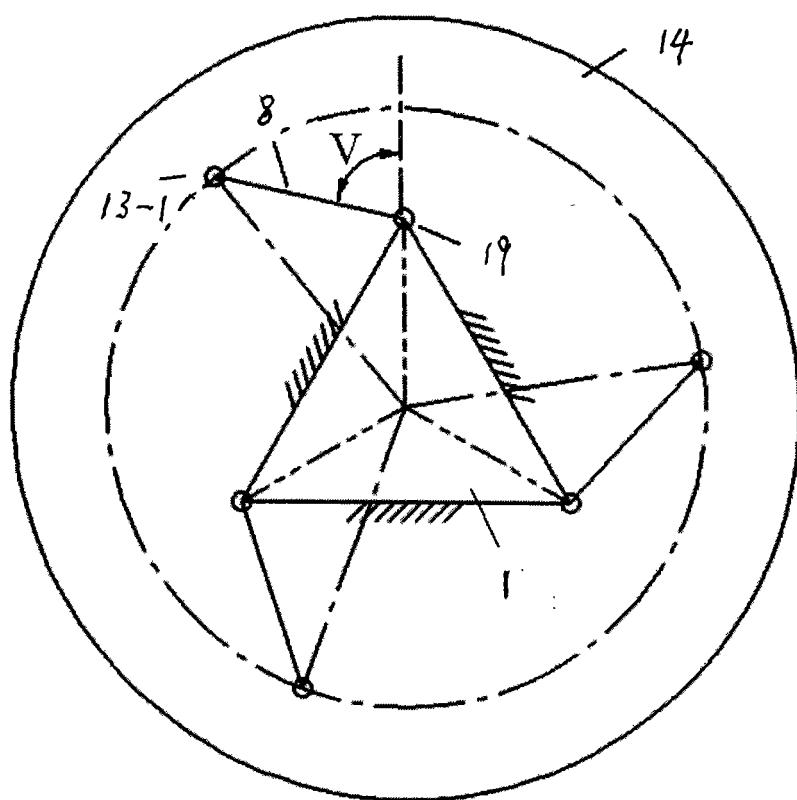


图 2

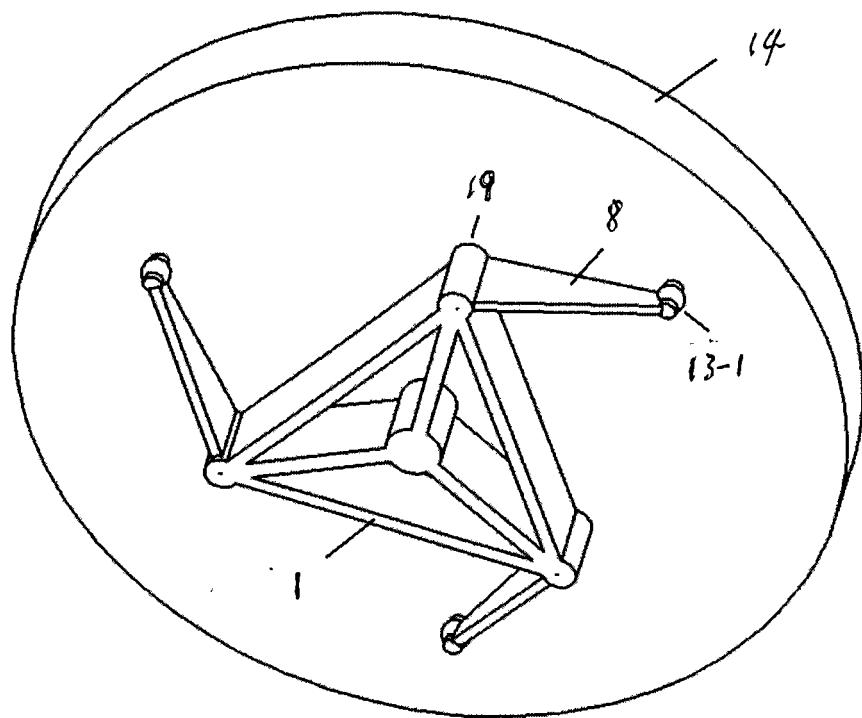


图 3

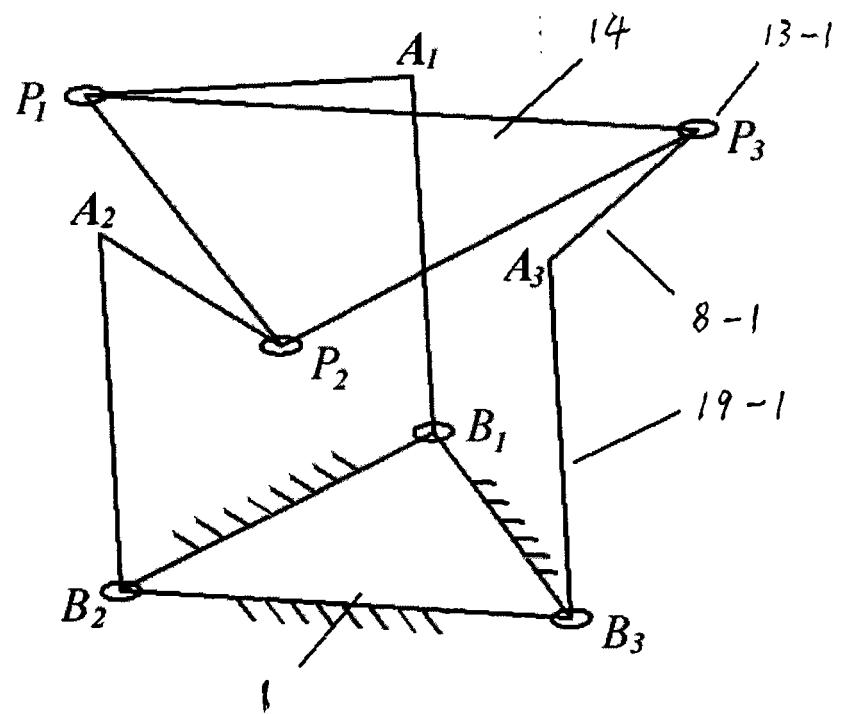


图 4

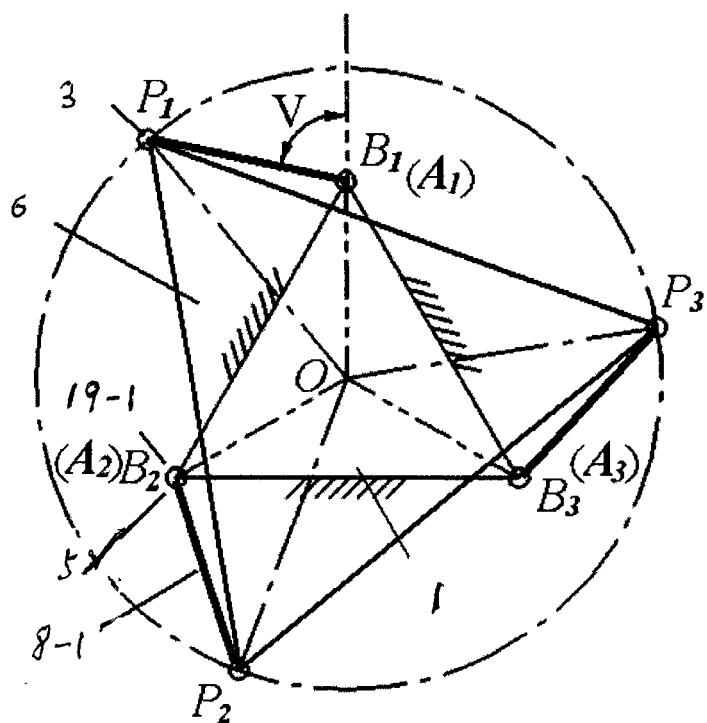


图5

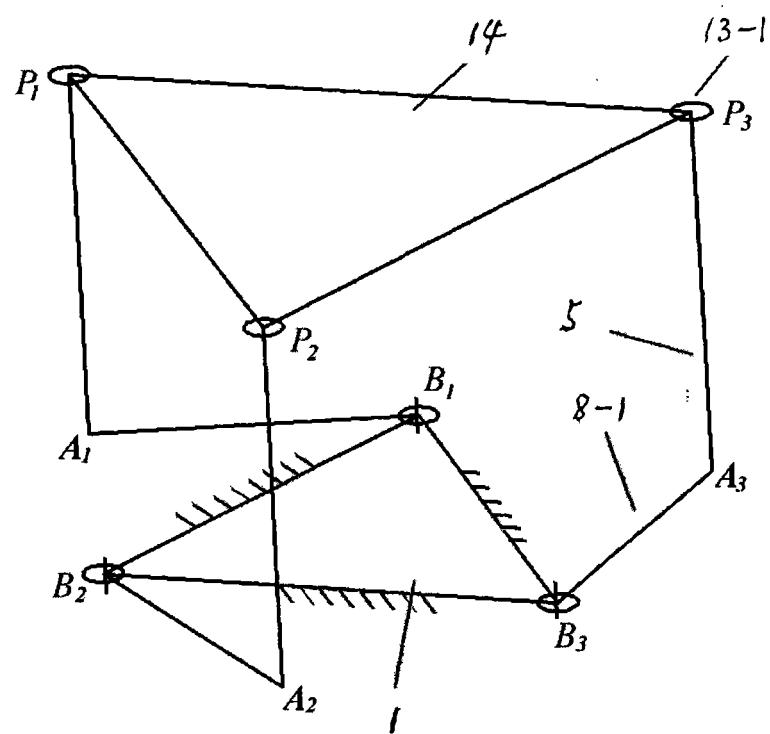


图6

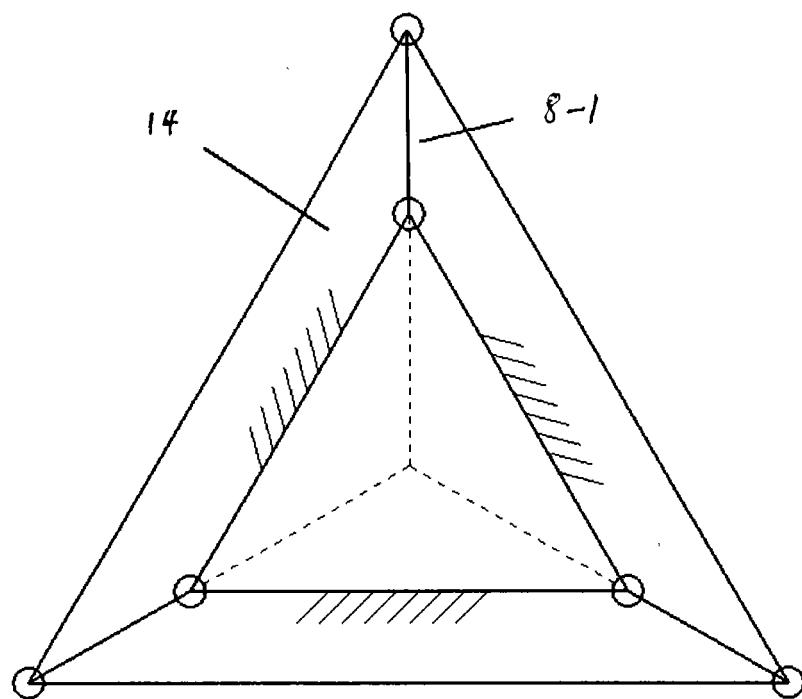


图7

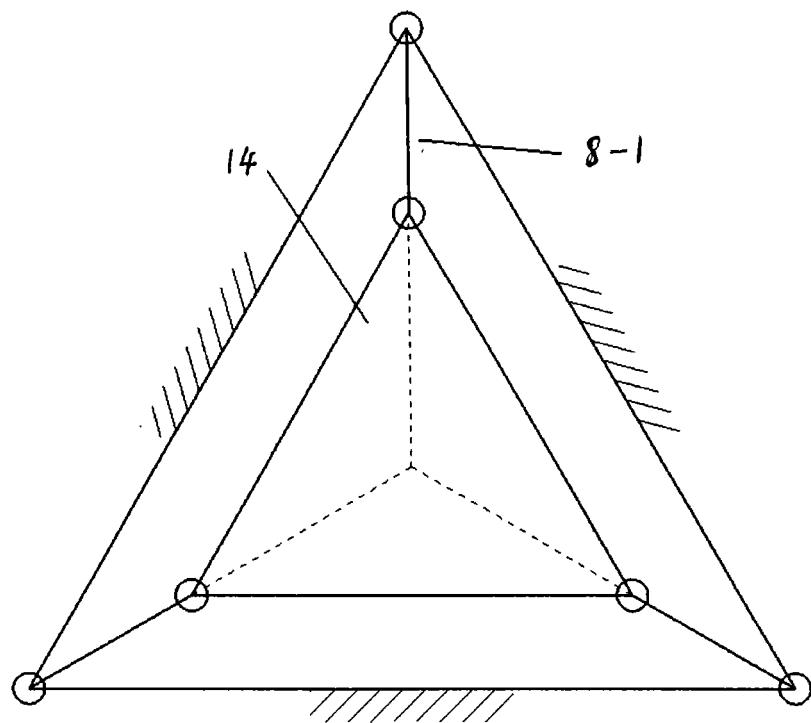


图8

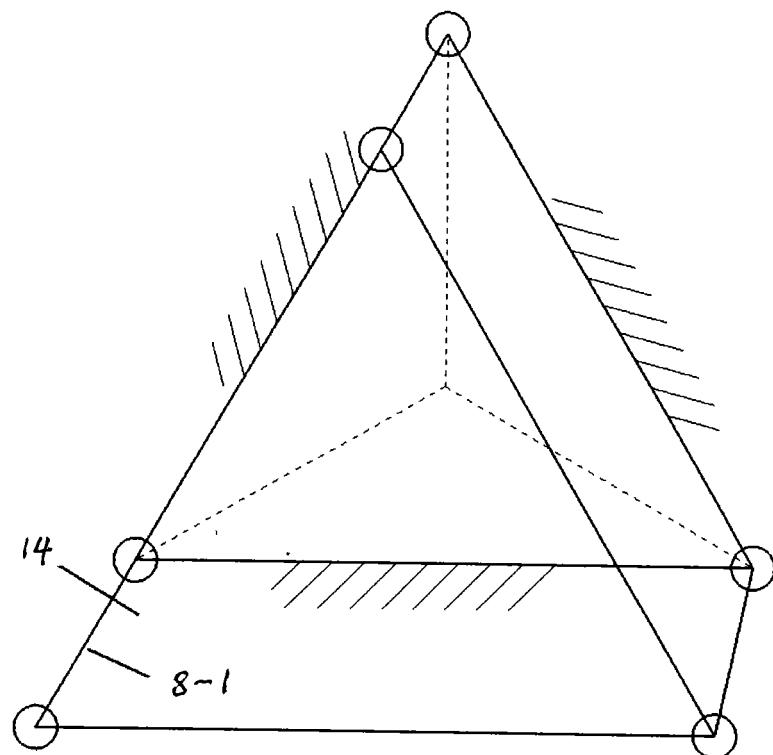


图9

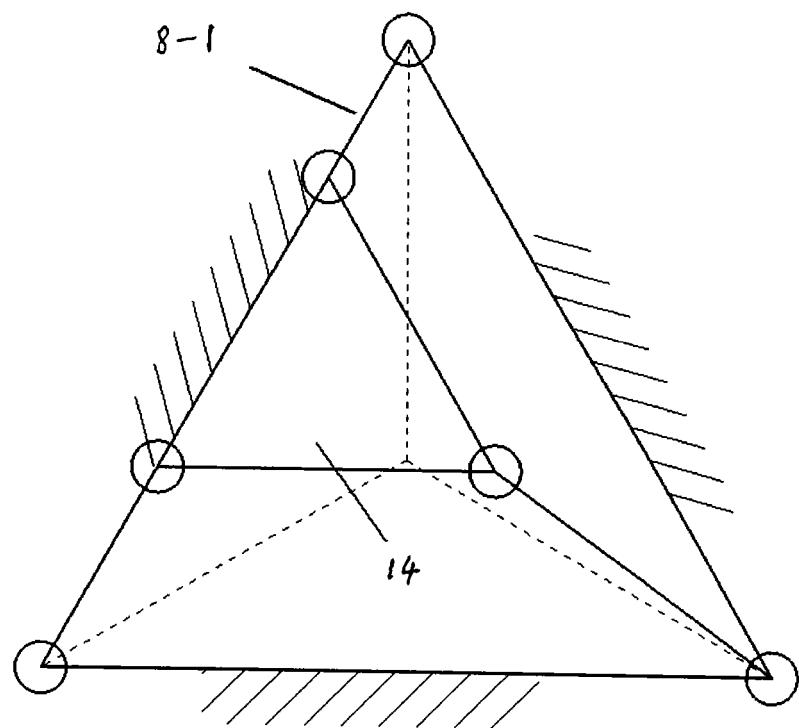


图10

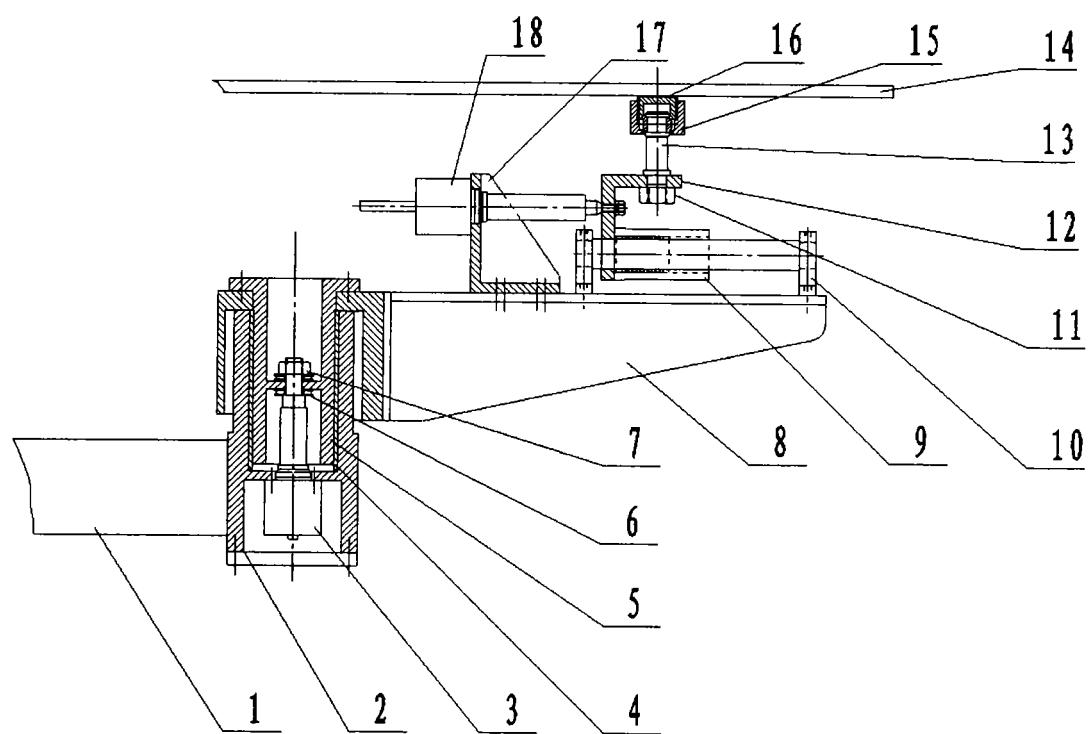


图11

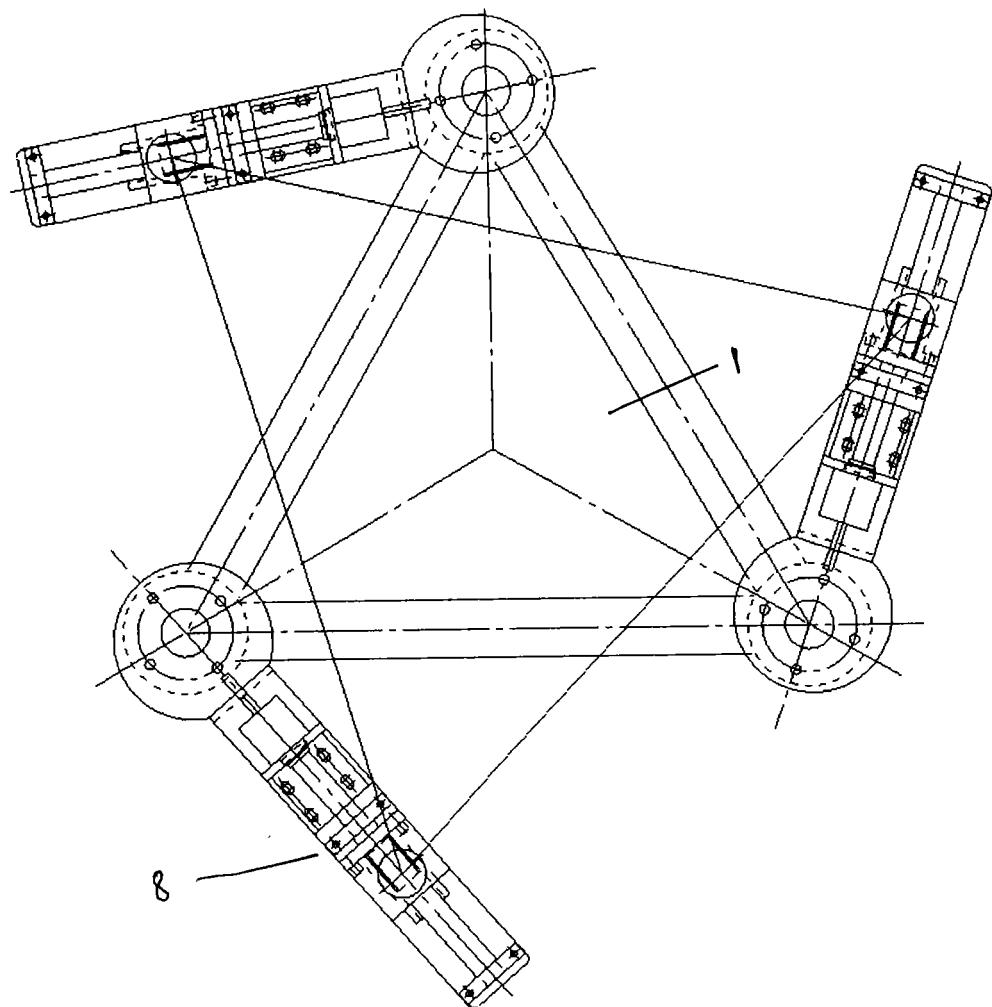


图12