

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

B23Q 5/22

G01L 5/00 G01B 5/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00102901.0

[43]公开日 2000年8月23日

[11]公开号 CN 1263807A

[22]申请日 2000.3.9 [21]申请号 00102901.0
 [71]申请人 北京邮电大学
 地址 100876 北京市海淀区西土城路 10 号
 [72]发明人 廖启征 梁崇高

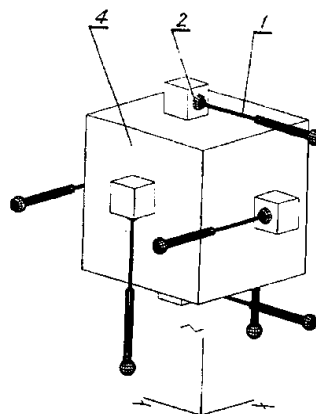
[74]专利代理机构 信息产业部专利服务中心
 代理人 夏宪富

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图页数 5 页

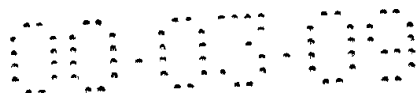
[54]发明名称 三轴近似正交的六自由度并联机构

[57]摘要

一种三轴近似正交的六自由度并联机构;包括有:静台体,动台体和六根驱动杆,该六根驱动杆的长度伸缩可变,且其中每个驱动杆都通过其两端各自的球铰分别与静台体、动台体相铰接的,其特征在于:上述六根驱动杆分别位于 X、Y、Z 三个正交或近似正交的方向,且每个方向各有两根驱动杆。动台体可以位于该六根驱动杆的空间中心位置或位于该六根驱动杆的上部或下部。当动台体处在其中中心位置时,其 x、y、z 三轴是解耦的,所以调节简单,控制容易,用途广泛。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

- 1、一种三轴近似正交的六自由度并联机构，包括有：静台体，动台体和六根驱动杆，该六根驱动的长度伸缩可变，且其中每个驱动杆都通过其两端各自的球铰或万向节分别与静台体、动台体相铰接，其特征在于：上述六根驱动
- 5 杆的方向分别位于 x , y , z 三个正交方向或近似正交的方向，且每个方向各有两根驱动杆。
- 2、如权利要求 1 所述的三轴近似正交的六自由度并联机构，其特征在于：上述六根驱动杆与动台体铰接的六个球铰可以分别位于六面体的六个面的中心位置。
- 10 3、如权利要求 1 所述的三轴近似正交的六自由度并联机构，其特征在于：上述六根驱动杆可以两两成组地分别铰接在上述动台体的三个呈 x , y , z 正交方向的表面上。



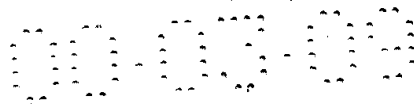
说明书

三轴近似正交的六自由度并联机构

本发明涉及一种结构新颖的调节空间位置的机械结构，确切地说，涉及一种三轴近似正交的六自由度并联机构。该机构可以应用于金属加工机床，以及力与力矩的传感器等领域。

并联机构可以应用于两个刚性物体相对位置的调节。一般情况下两个刚体的相对位置可以采用沿 x , y , z 轴方向的三个移动和绕 x , y , z 轴的三个转动来表示，共六个自由度。并联机构起源于斯图尔特平台机构 (Stewart Platform)，参见图 1, 图 2, 该机构通常是由 3-6 根可伸缩调节的杆件 $1'$, 以及在 10 这些杆件的两端分别用球铰 (即: 球面付) $2'$ 或万向联轴节 (即: 虎各铰或球销付或转动付铰链) 连接两个刚体 $3'$ 、 $4'$ 所构成。通常, 该两个刚体中的一个 15 是静止不动的, 被称为静平台或静台体 $3'$ 一般作为机架使用, 另一个是运动的, 可以完成各种操作, 通常称为动平台或动台体 $4'$ 。最初的斯图尔特平台机构中, 其动、静两个刚体都是平面的, 或者说所有联接杆件 $1'$ 与刚体 $3'$ 或杆件 $1'$ 与刚体 $4'$ 的铰链 $2'$ 都处在一个平面上。后来开始出现使用空间的台体式机构, 即铰链 $2'$ 不都在同一平面上, 这是一般的并联机构。并联机构在工业上有很多应用, 如做机械手, 位置调节机构, 力与力矩的传感器, 游乐场的动感平台等等。最近人们用它来做虚拟轴机床或简称虚轴机床。这样的机床具有很多特殊的优点, 如结构简单, 刚度大、控制精度高、传动速度快 20 等, 具有很高的性能价格比, 被称为 21 世纪的机床。

对于象虚轴机床、力与力矩的传感器、位置调节机构等应用场合, 采用什么样的位置调节机械结构, 才能得到综合性能尽可能优良的机构, 是一个十分重要的问题。现在, 人们普遍认为从自变量为 6 个驱动变量到函数为动台体位置姿态 6 个变量之间转换的雅可比行列式的条件数越小越好, 理论上最小条件数为 1。然而人们对于什么样的机构才能满足其条件数为 1, 也就是说并联机构中刚体上的铰链在空间应该如何分布才是最合理, 并不清楚。甚至到目前为 25



止，还没有得到确切的结论。

本发明的主要目的是提供一种三轴近似正交的六自由度并联机构；也就是提供一种满足上述雅可比行列式的条件数为最小的台体式机构。

本发明的主要目的是这样实现的：该机构包括有：静台体，动台体和六根
5 驱动杆，该六根驱动杆的长度伸缩可变，且其中每个驱动杆都通过其两端各自的球铰或万向节分别与静台体、动台体相铰接，其特征在于：上述六根驱动杆的方向分别位于 x ， y ， z 三个正交方向或近似正交的方向，且每个方向各有两根驱动杆。

上述六根驱动杆与动台体铰接的六个球铰可以分别位于六面体的六个面
10 的中心位置。

上述六根驱动杆可以两两成组地分别铰接在上述动台体的三个呈 x ， y ， z 正交方向的表面上。

下面结合附图详细说明本发明的结构、特征及功效。

图 1 是一种斯图尔特平台机构的结构示意图。

15 图 2 是另一种斯图尔特平台机构的结构示意图。

图 3 是本发明的动台体与驱动杆组合起来的一种实施例示意图。

图 4 是图 3 中增加静台体后的示意图。

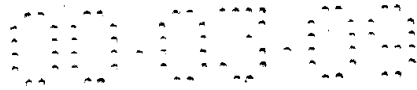
图 5 是本发明的动台体与驱动杆组合起来的另一种实施例示意图。

图 6 是图 5 中增加静台体后的示意图。

20 图 7 是本发明的又一种实施例示意图。该机构经过一定角度的旋转，使得其对角线指向竖直方向，此时驱动杆件不再与 x ， y ， z 轴平行。

图 8 是本发明的再一种实施例示意图。

参见图 3、图 4 所示的本发明的一种实施例示意图。本发明是一种三轴近似正交的六自由度并联机构，其包括有：静台体 3，动台体 4 和六根驱动杆 1，
25 该六根驱动杆 1 的长度都是伸缩可变的，且其中每个驱动杆 1 都通过其两端各自的球铰 2 分别与静台体 3、动台体 4 相铰接，其特点是：上述六根驱动杆 1



分别位于 x , y , z 三个正交方向, 且每个方向各有两根驱动杆 1。

图 3 所示上述位于六根驱动杆 1 空间中心位置的动台体 4 是个六面体, 且该六根驱动杆 1 中的每一个球铰 2 都分别位于上述动台体 4 的各个表面上。动台体 4 通过六个球铰 2 与六根长度可变的驱动杆 1 相联接, 该六根驱动杆 1 再通过其另一端的另外六个球铰 2 与静台体 3 相联接。图 4 所示的长条状的刚体即表示静台体 3 或机架, 在 x , y , z 三个方向的每个方向上都有两根驱动杆。当动台体在中心位置即图 3 或图 4 所示位置时, 上述 x , y , z 三个方向的驱动杆互相正交, 其条件数为 1, 即达到了雅可比行列式的最小值。在这个最小值附近, 即 x , y , z 三个方向的驱动杆互相呈近似正交时, 虽然其条件数略大于 1 但其值仍然较小。因此采用这种机构具有一些特殊的优点。

首先本发明的机构在其中心位置上, 对于 x , y , z 轴方向的三个移动和绕 x , y , z 轴的三个转动互相解耦。众所周知, 一般情况下, 两个刚体的相对位置可以采用沿 x , y , z 三个方向的移动和绕 x , y , z 三轴的转动来表示, 共六个自由度。在一般的并联机构中, 当其中某个方向的驱动改变时, 会同时引起动台体的另外两个方向的移动和动台体的转动, 这种现象称为运动之间的耦合, 例如当希望动台体纯粹沿 x 方向运动时, 不仅需要沿 x 轴方向的驱动器工作, 而且需要 y , z 两个方向的驱动器同时协调配合运动; 或者说仅有一、两个驱动器工作不能得到纯粹沿 x 方向运动。本发明的台体式机构在其中心位置上, 由于 x , y , z 三轴互相垂直正交, 因此对 x , y , z 三轴是解耦的。也就是说, 动台体沿 x 轴运动时, 另外两个方向 y , z 的四根驱动器可以不调节或很少调节即可。

本发明的并联机构作为位置调节机构, 在实际使用时, 是很方便的。当以同速、同方向调节 x 轴向的两个驱动时, 动台体沿 x 轴方向平动。当该两个驱动同速反方向运动时, 动台体则绕 z 轴转动。因为这两个驱动杆的运动而引起其他轴向的运动量很小或为零, 所以为了得到纯粹的沿 x 轴的移动或绕 z 轴的转动, 其他两个方向的四个驱动杆或驱动副的驱动量可以很小或为零 (即高阶



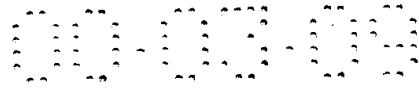
无穷小)。并且，当沿 y 轴或 z 轴移动，或绕 x 轴或 y 轴转动时，情况完全类似。所以，本发明的动台体在上述中心位置附近，三个方向近似解耦。因此
5 在一些要求不严格的场合，各个方向的位置和转角可以分别调节，因此调节很方便。另外，由于三个方向的调节呈正交或近似正交，各个方向的对于调节的灵敏度也比较均衡。

其次，把机构中的六个驱动杆改为长度固定的杆，并在每个驱动杆上面加上一个传感器，可以把本发明变换为一个力与力矩的传感器。这种传感器可以自然地把三个方向的力和力矩分开。例如：当只有 x 轴方向受力时，则仅沿 x
10 轴的两个传感器有输出，其值为两个传感器的和。当只有绕 z 轴有力矩时，则仅沿 x 轴的一对传感器有输出，其值为该对传感器之差乘以该对驱动杆之间的距离。由于动台体的位移量很小，所以具有相当高的精度。

本发明的机构如果用在虚拟轴数控机床上也有一些特殊的优点。因为其条件数近似为 1，属于最理想的状态。因此在同样情况下，加工精度高，机床工作空间大，可以达到的工作速度高等等，是一种具有很好应用前景的机床结构
15 形式。

由于本发明的机构运动解耦的位置是在动台体的中心，处于几个球铰的包围之中，故作为虚轴机床或其他用途时，应用不甚方便。因此本发明可以作些改进，即将上述六根驱动杆两两成组的铰接在上述动台体的三个呈 x ， y ， z 正交的表面上，参见图 5，图 6 所示。其中图 5 是动台体 4 和驱动杆 1 以及球铰 2
20 的结构布局示意图，加上静台体 3 后，则如图 6 所示。此时，动台体 4 位于该六根驱动杆 1 的一侧，采用该种结构，当动台体在其中心位置时，雅可比行列式的条件数仍为 1。但在作纯转动时其调节规律是不同的。

如果把本发明的机构旋转一个角度，使动台体的一条对角线转成竖直方向，且把静台体稍做改变，参见图 7。可以看出它与现在的虚轴机床已经很相似了。只不过其驱动杆的方向是互相正交或近似正交的，并且球铰的分布是特殊的。正是由于具有这些特点，使得机床具有加工精度高，机床工作空间大，
25



可以达到的工作速度高等优点。如果把 z 轴选择为竖直方向，则三个正交方向不再是 x , y , z 轴，而仅是在中心位置时的三个驱动杆方向了。

本发明的机构还可以有其它变形。如图 8 所示，每对球铰 2 之间的六个腿 1 的长度是固定的，并把调节长度的六个滑动副 5 及其驱动杆安装在机架 3 上，同样可以达到调节动台体 4 位置的目的。此时，自由度仍然是六个，仍然保持了在中心位置条件数为 1 的优点，但在计算其正反解时，计算方法、计算公式是不相同的。

说明书附图

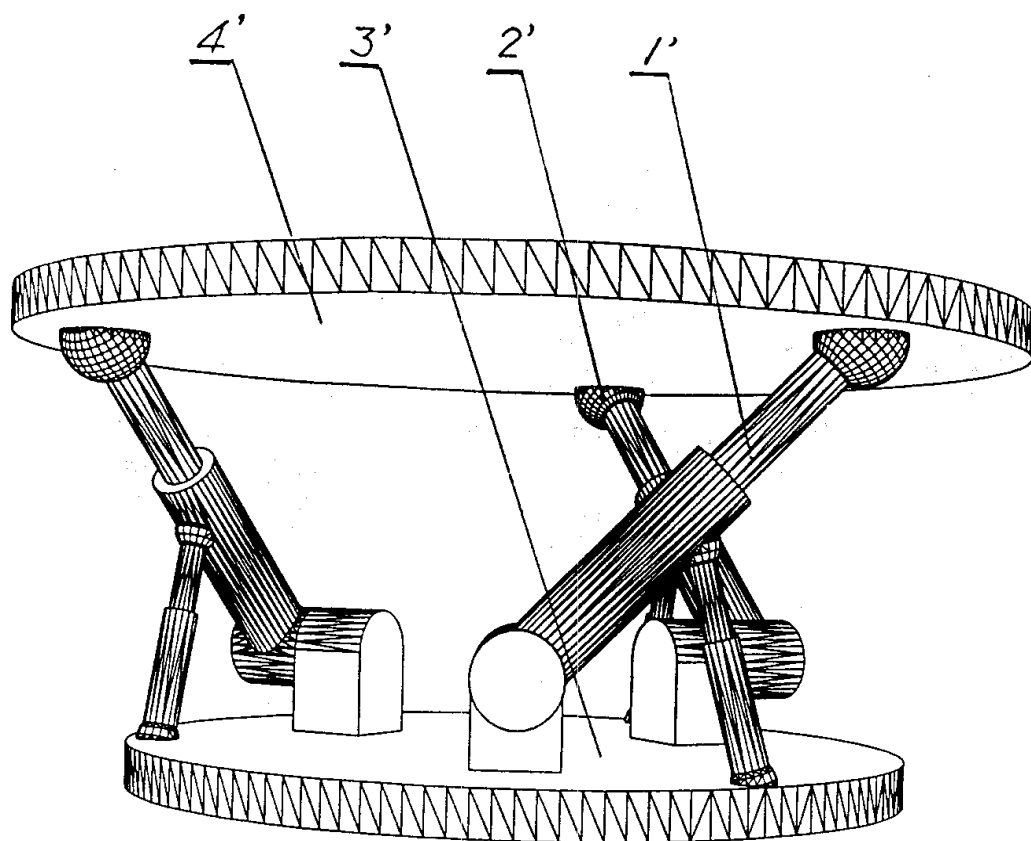


图 1

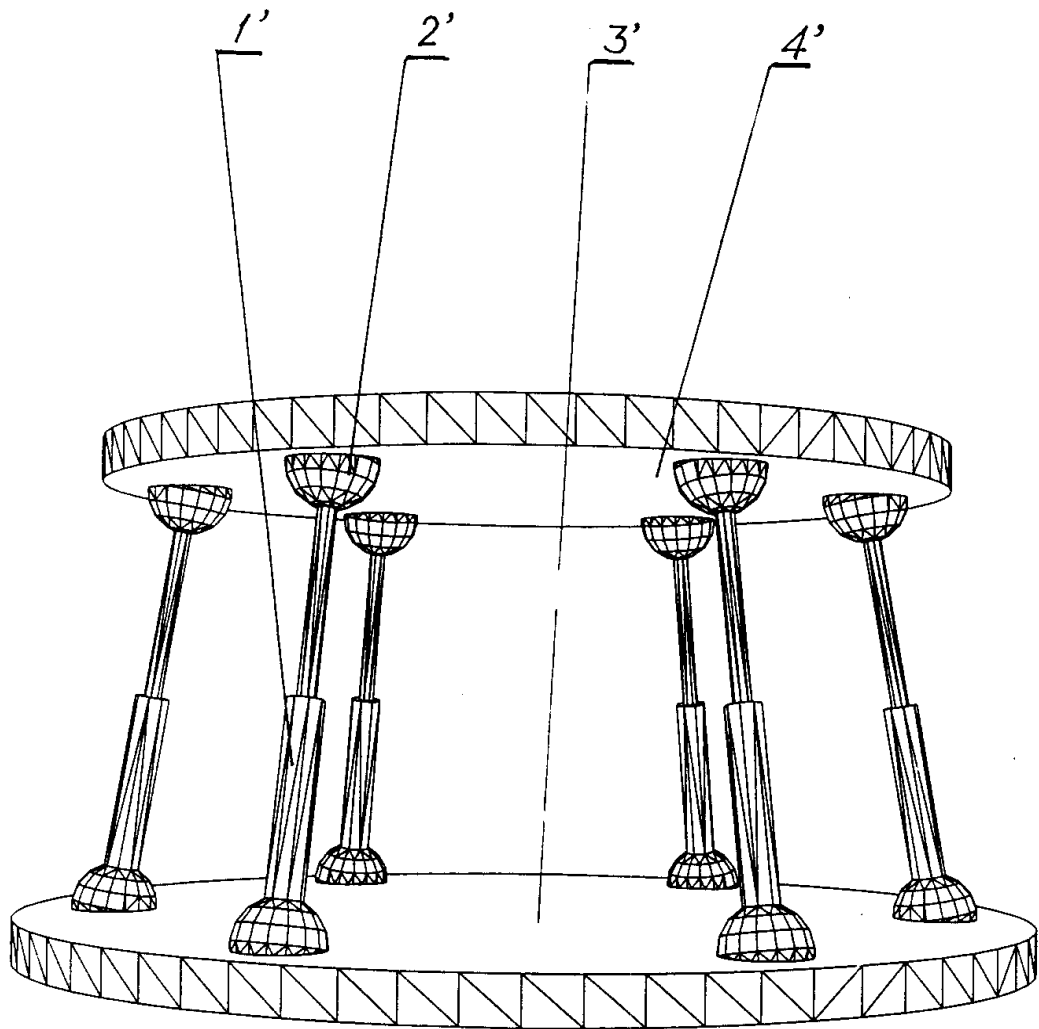


图 2

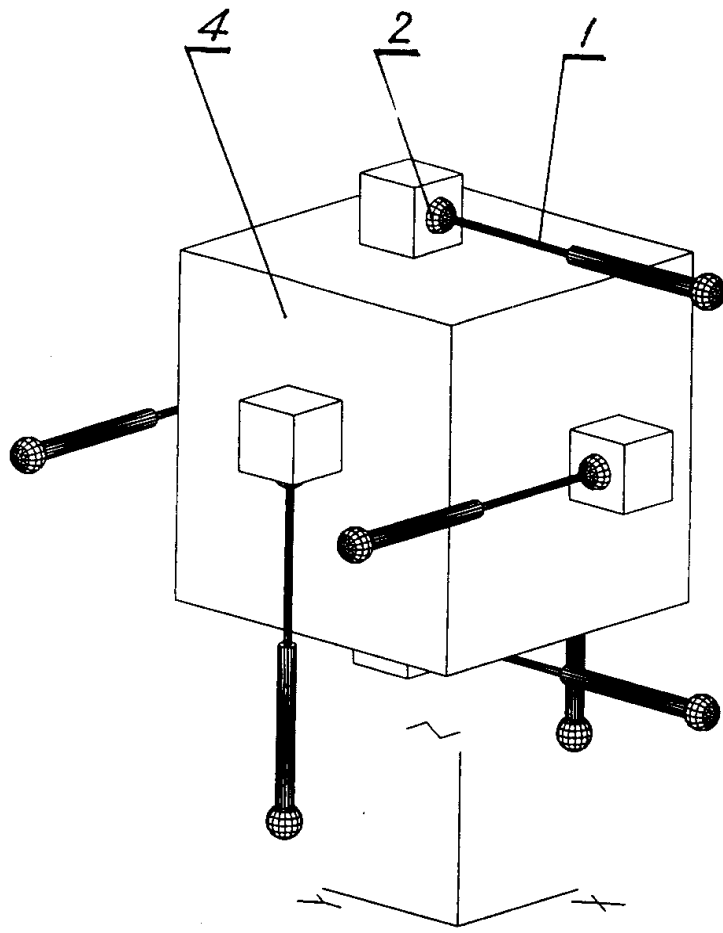


图 3

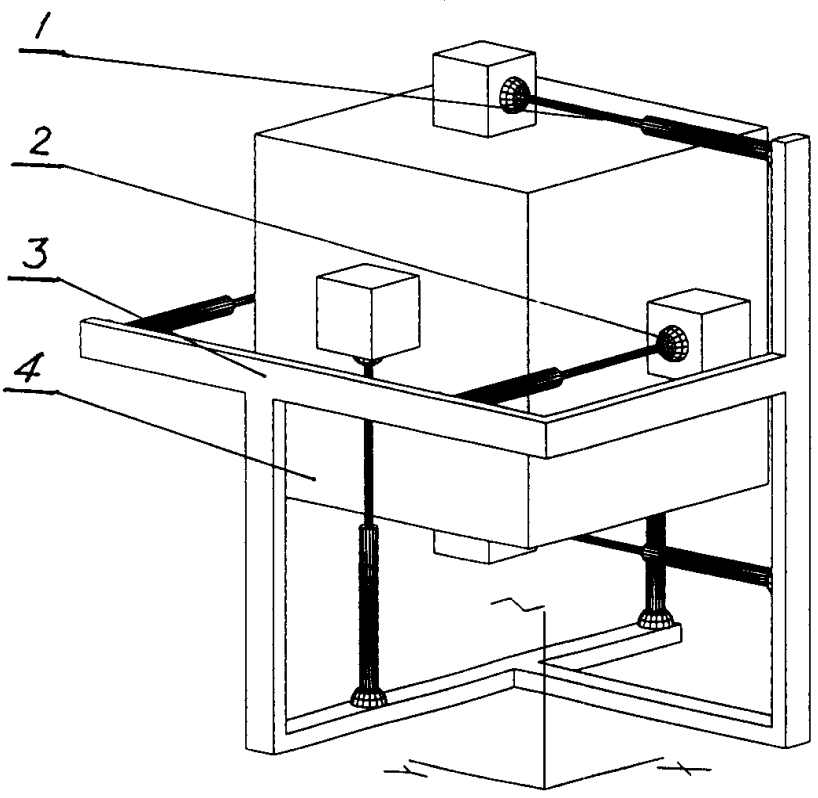


图 4

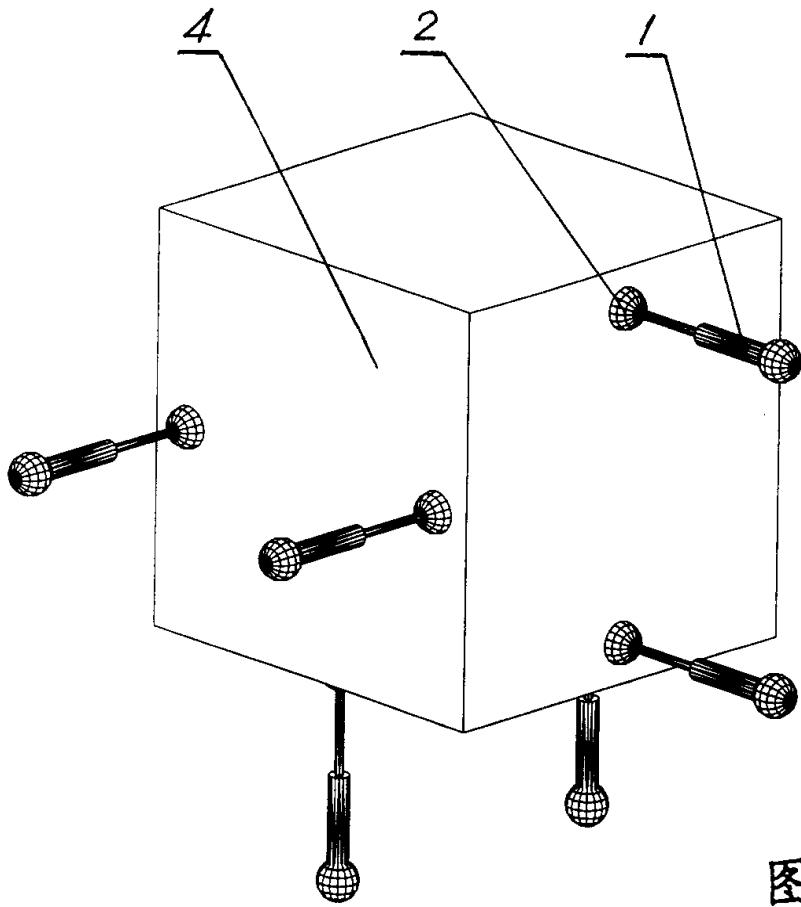


图 5

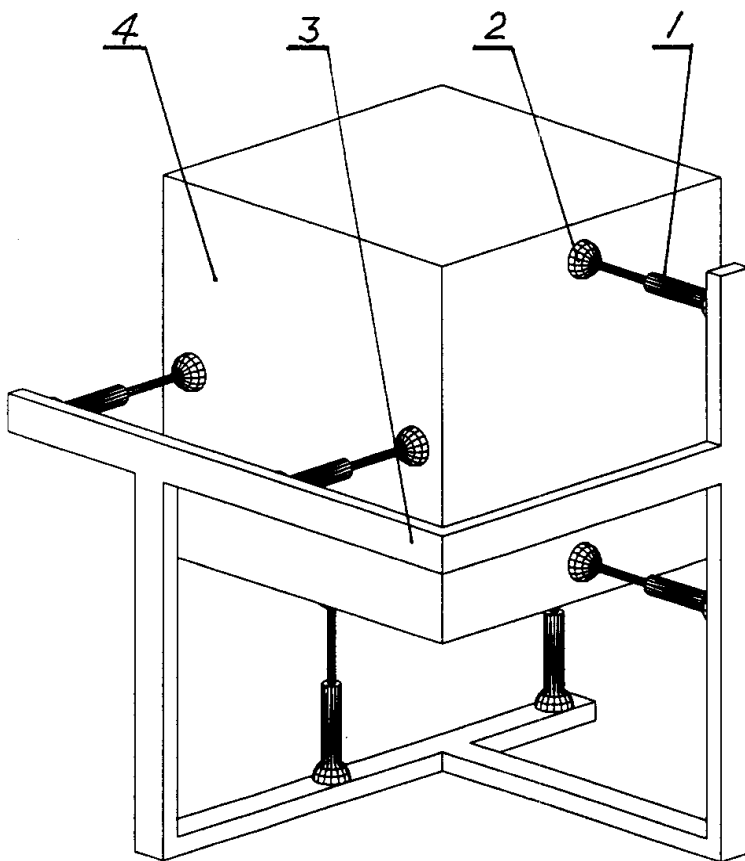


图 6

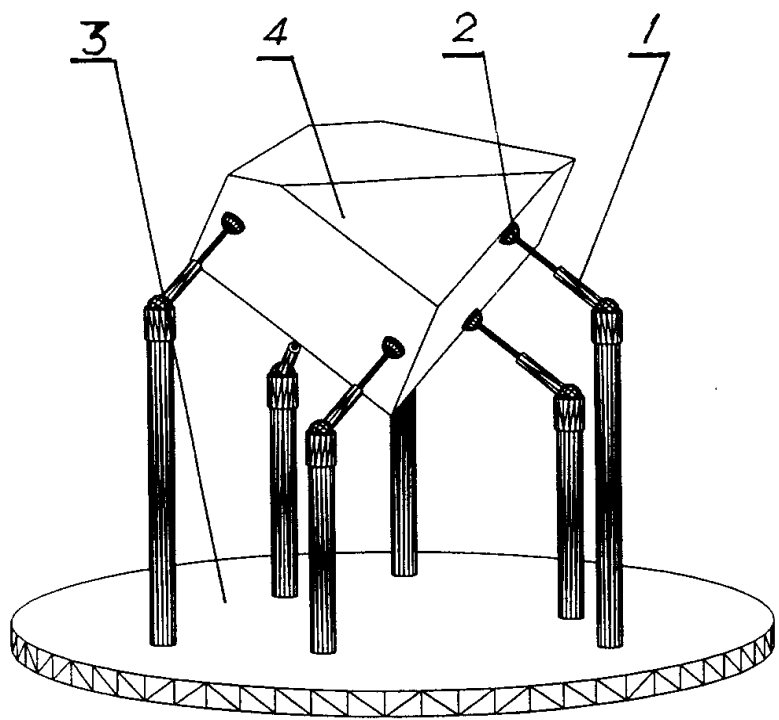


图 7

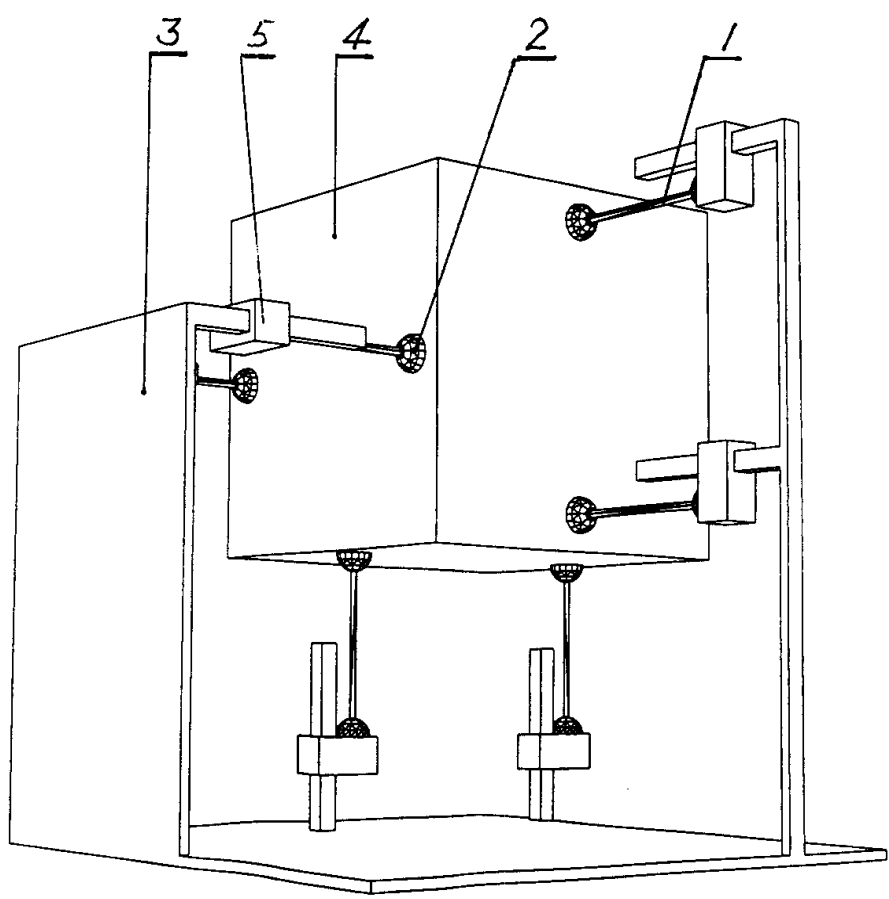


图 8