



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104440887 B

(45) 授权公告日 2016.02.17

(21) 申请号 201410778110.0

审查员 杨锰

(22) 申请日 2014.12.15

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 张树桢 吴林立梓 李沁驰 潘登
郭为忠

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王毓理 王锡麟

(51) Int. Cl.

B25J 9/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 103895005 A, 2014.07.02,
CN 103878764 A, 2014.06.25,
CN 201493842 U, 2010.06.02,
CN 102601792 A, 2012.07.25,
JP 2006320978 A, 2006.11.30,

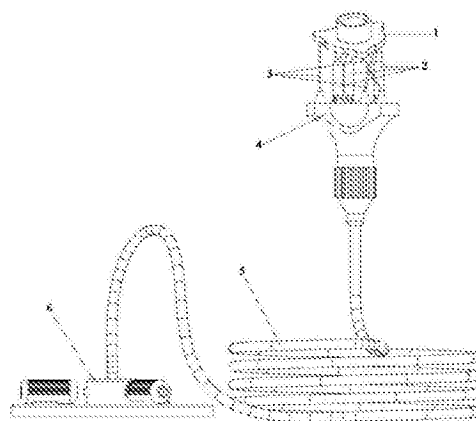
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

绳牵引远距离操作平台

(57) 摘要

一种程序控制机械手领域的绳牵引远距离操作平台,包括:动平台、若干支链和驱动缆绳、静平台、柔性管束导引绳、若干独立电机以及控制系统,其中:各个独立电机由控制系统控制,经由柔性管束导引绳的传输分别驱动对应的驱动缆绳,各条驱动缆绳和支链设置于动平台和静平台之间,动平台的运动由各条驱动缆绳分别驱动且受各条支链的约束进行运动。本发明将驱动结构和运动约束结构分离,充分利用缆绳柔性和传输距离基本不受限制的特点,实现远距精确操控和深入狭小复杂空间的功能。



1. 一种绳牵引远距离操作平台,其特征在于,包括:动平台、若干活动连接机构、静平台、柔性管束导引绳、若干独立电机以及控制系统,其中:动平台与静平台之间通过各个活动连接机构相连接,独立电机通过柔性管束导引绳与对应的活动连接机构相连,控制系统分别控制各个独立电机,以实现动平台在各个活动连接机构的约束下的运动;

控制系统包括:信息输入单元、信息处理单元和信号输出单元,其中:信息输入单元采集运动指令,由信息处理单元解算成运动信号,信号输出单元将该运动信号传输至各个独立电机;

所述的信息处理单元接受信息输入单元采集的控制信号,通过对控制信号的识别,得出控制者需要的动作末端分别相对于相互正交的两水平轴的旋转角度,并插入默认至少一条缆绳的长度不变的条件,解算得到各条缆绳的长度变化,转化为电机卷动的控制信号并传输至信号输出单元;

所述的识别的具体过程为:输入绕水平面内正交两轴的绝对角位移信号,即笛卡尔坐标系中的 X 轴和 Y 轴的旋转角度,建立动平台法向量数学表达式,以动平台上三个运动支链固定点组成的正三角形中心为假设的定点二自由度转动的旋转中心,假设动平台绕水平面内正交的两轴做旋转运动,对应输入信号的两个旋转轴和旋转角度,比较在输入的目标位姿下,做出此种运动时分别与三根支链的平行的单位矢量同动平台单位法向量的内积大小,得出内积最大的支链即为适合设定为长度不变的支链;若存在两个内积同为最大时,此时对应两支链的长度均保持最大,具体的步骤包括:

步骤一、以动平台中心为坐标系原点设定动平台铰点 $A, B, C \in \mathbb{R}^3$, 设定静平台对应铰点 $A_1, B_1, C_1 \in \mathbb{R}^3$;

步骤二、设绕 X 轴, Y 轴的旋转角度分别为 α 和 β , 则动平台法向量 $z = z(\alpha, \beta)$ 且有 $z = [z_1 \ z_2 \ z_3]^T, |z| = 1$;

步骤三、令 θ 和 ψ 分别为 z 与绝对坐标系 Z 轴的夹角, z 在 XY 平面内投影与 x 轴的角度,

$$\begin{aligned} A' &= R_{z, \theta} \cdot R_{y, \psi} \cdot A \\ B' &= R_{z, \theta} \cdot R_{y, \psi} \cdot B \\ C' &= R_{z, \theta} \cdot R_{y, \psi} \cdot C \end{aligned} \quad \begin{aligned} U_{A'A_1} &= \frac{A' - A_1}{|A' - A_1|} \\ U_{B'B_1} &= \frac{B' - B_1}{|B' - B_1|} \\ U_{C'C_1} &= \frac{C' - C_1}{|C' - C_1|} \end{aligned}$$

然后比较以上三个单位向量与绝对坐标系 Z 轴的内积大小,最大内积对应的杆为最长杆。

2. 根据权利要求 1 所述的绳牵引远距离操作平台,其特征是,所述的信息输入单元包括二自由度的运动角度采集器,该运动角度采集器采集姿态信息并传输至信息处理单元,使得控制者根据姿态信息和需求,实时调整输入位姿。

3. 根据权利要求 1 所述的绳牵引远距离操作平台,其特征是,所述的解算的具体过程为:已知最长杆,假设一个最长杆的共线矢量方向,即垂直于最长杆的 R 副旋转矢量,此矢量与 Z 轴的夹角为未知量 γ ,由此描述最长杆与动平台的铰点 A,动平台另外两个支链的铰点 B, C 与此点 A 的距离均为 L,因此处于以最长杆铰点为球心的球面上,同时,这两个支

链的铰点 B, C 均处于由 A 和已知位姿确定的法向量表征的平面内, 两个面的交线是一个空间圆弧; B, C 点又分别在各自所在杆的运动平面内, 因此空间圆弧与此两平面交点即分别为 B, C, 此时 B, C 的空间位置描述均为 γ 的一元函数, 此时以 B, C 点的距离 L 为同一性条件建立等式, 即解得 γ , 进而得到 B, C 点, 最终求得其余两杆的杆长, 与现有杆长比较, 转化为各个独立电机的行程, 具体的过程为: 以最长杆的工作平面为 XZ 平面, 静平台圆心

为坐标原点, X 轴正向为原点至最长杆 R 副方向 $A(\gamma) = [A_1 \ A_2 \ A_3]^T = \begin{bmatrix} R + L \cdot \sin \gamma \\ 0 \\ L \cdot \cos \gamma \end{bmatrix}$, 则

B, C 点所在圆弧满足表达式
$$\begin{aligned} z_1 \cdot (x - A_1) + z_2 \cdot (y - A_2) + z_3 \cdot (z - A_3) &= 0 \\ (x - A_1)^2 + (y - A_2)^2 + (z - A_3)^2 &= L^2 \end{aligned}$$
 B 点运动所在平面为

$y - \sqrt{3} \cdot x = 0$, C 点运动所在平面为 $y + \sqrt{3} \cdot x = 0$, 联立上述等式解得 $B(\gamma)$ 和 $C(\gamma)$, 此时有

$\overline{BC} = |B(\gamma) - C(\gamma)| = L$, 由此解出 γ , 再代入 B 和 C 的表达式即解出 B' 和 C', 则其余两杆的

长度即为
$$\begin{aligned} l_1 &= |B' - B_1| \\ l_2 &= |C' - C_1| \end{aligned}$$

4. 根据权利要求 1 所述的绳牵引远距离操作平台, 其特征是, 所述的活动连接机构包括: 两端分别与动平台和静平台相连接的支链和驱动缆绳, 支链和驱动缆绳的数量相对应且均为三条。

5. 根据权利要求 1 或 3 或 4 所述的绳牵引远距离操作平台, 其特征是, 所述的支链包括: 连接顺序为转动副、移动副和球面副的 RPS 机构; 或者连接顺序为转动副、移动副、万向关节和转动副的 RPUR 机构。

绳牵引远距离操作平台

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种自动化机器人技术领域的装置,具体是一种绳牵引远距离操作平台。

背景技术

[0002] 操作平台作为一种常用的机械结构,可以用以搭载需要特定的整体动作的仪器,机械等,广泛应用于军事,航天,工业生产,日常生活的各个领域。典型的应用场合譬如模拟飞行器训练,振动模拟,外科手术,战斗机的矢量喷管等。通常的操作平台分为串联结构和并联结构两种。串联结构的优点在于设计简单,易于控制,但是响应操控效果受到机构惯性的影响和运动解耦的特点,在需要快速响应时其速度和精度的状况下难以满足要求;并联结构的优点在于承载力强,响应迅速,有较好的各项同性,但是结构比较复杂,控制相对也较为复杂,工作空间有限。两种平台现有产品的共同点在于,其驱动力产生于其约束结构的运动副中,即其驱动结构,比如电机,气缸等通常位于约束结构内。在某些严苛的工作条件下,驱动结构不允许进入平台工作空间,或者要求动作结构尽量精简缩小,驱动结构和运动约束结构结合为整体的传统结构操作平台无法满足要求,简单缩小结构的办法不仅会使成本显著提升,也会降低机构的可靠性,有时甚至无法满足驱动力和结构强度、刚度的需要。而多自由度机构的的操作信号采集复杂,运动学反解解算困难,控制效率低,响应实时性差,也成为限制其发展应用的瓶颈。

[0003] 经过对现有技术的检索发现,中国专利文献号 CN103878764,公开日 2014-6-25,公开了一种三自由度气动混合驱动并联平台,如图 1 所示,其通过连接在动平台和静平台之间的气缸和气动肌肉组实现对动平台位姿的控制,这样的结构适用于普通工作条件下且工作区域充裕的条件,但是对于严苛的工作条件下的平台工作空间,或者要求动作结构尽量精简缩小等工况下,并联机构由于驱动部分的空间限制而难以应用。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提供一种绳牵引远距离操作平台,能够在减小整体体积的前提下进一步提高动作精度。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的,本发明包括:动平台、若干活动连接机构、静平台、柔性管束导引绳、若干独立电机以及控制系统,其中:动平台与静平台之间通过各个活动连接机构相连接,独立电机通过柔性管束导引绳与对应的活动连接机构相连,控制系统分别控制各个独立电机,以实现动平台在各个活动连接机构的约束下的运动。

[0006] 所述的控制系统包括:信息输入单元、信息处理单元和信号输出单元,其中:信息输入单元采集运动指令,由信息处理单元解算成运动信号,信号输出单元将该运动信号传输至各个独立电机。

[0007] 所述的信息输入单元包括二自由度的运动角度采集器,该运动角度采集器采集姿态信息并传输至信息处理单元,使得控制者根据姿态信息 and 需求,实时调整输入位姿。

[0008] 所述的信息处理单元接受信息输入单元采集的控制信号,通过对控制信号的识别,得出控制者需要的动作末端分别相对于相互正交的两水平轴的旋转角度,并插入默认至少一条缆绳的长度不变的条件,解算得到各条缆绳的长度变化,转化为电机卷动的控制信号并传输至信号输出单元。

[0009] 所述的识别的具体过程为:输入绕水平面内正交两轴的绝对角位移信号,即笛卡尔坐标系中的 X 轴和 Y 轴的旋转角度,建立动平台法向量数学表达式,以动平台上三个运动支链固定点组成的正三角形中心为假设的定点二自由度转动的旋转中心,假设动平台绕水平面内正交的两轴做旋转运动,对应输入信号的两个旋转轴和旋转角度,比较在输入的目标位姿下,做出此种运动时分别与三根支链的平行的单位矢量同动平台单位法向量的内积大小,得出内积最大的支链即为适合设定为长度不变的支链;若存在两个内积同为最大时,此时对应两支链的长度均保持最大,具体的步骤包括:

[0010] 步骤一、以动平台中心为坐标系原点设定动平台铰点 $A, B, C \in \mathbb{R}^3$, 设定静平台对应铰点 $A_1, B_1, C_1 \in \mathbb{R}^3$;

[0011] 步骤二、设绕 X 轴, Y 轴的旋转角度分别为 α 和 β , 则动平台法向量 $z = z(\alpha, \beta)$ 且有 $z = [z_1 \ z_2 \ z_3]^T, |z| = 1$;

[0012] 步骤三、令和 ψ 分别为 z 与绝对坐标系 z 轴的夹角, z 在 XY 平面内投影与 x

$$A' = R_{z, \alpha} \cdot R_{y, \beta} \cdot A$$

轴的角度, 均为 z 的函数, 有 $B' = R_{z, \alpha} \cdot R_{y, \beta} \cdot B$ 分别与三根支链的平行的单位矢量

$$C' = R_{z, \alpha} \cdot R_{y, \beta} \cdot C$$

$$U_{A'A_1} = \frac{A' - A_1}{|A' - A_1|}$$

$U_{B'B_1} = \frac{B' - B_1}{|B' - B_1|}$, 然后比较以上三个单位向量与绝对坐标系 Z 轴的内积大小, 最大内积对应

$$U_{C'C_1} = \frac{C' - C_1}{|C' - C_1|}$$

的杆为最长杆。

[0013] 所述的解算的具体过程为:已知最长杆,假设一个最长杆的共线矢量方向,即垂直于最长杆的 R 副旋转矢量,此矢量与 Z 轴的夹角为未知量 γ ,由此描述最长杆与动平台的铰点 A,动平台另外两个支链的铰点 B, C 与此点 A 的距离均为 L,因此处于以最长杆铰点为球心的球面上,同时,这两个支链的铰点 B, C 均处于由 A 和已知位姿确定的法向量表征的平面内,两个面的交线是一个空间圆弧;B, C 点又分别在各自所在杆的运动平面内,因此空间圆弧与此两平面交点即分别为 B, C, 此时 B, C 的空间位置描述均为 γ 的一元函数,此时以 B, C 点的距离 L 为同一性条件建立等式,即解得 γ ,进而得到 B, C 点,最终求得其两杆的杆长,与现有杆长比较,转化为各个独立电机的行程,具体的过程为:以最长杆的工作平面为 XZ 平面,静平台圆心为坐标原点, X 轴正向为原点至

最长杆 R 副方向 $A(\gamma) = [A_1 \ A_2 \ A_3]^T = \begin{bmatrix} R+L\sin\gamma \\ 0 \\ L\cos\gamma \end{bmatrix}$, 则 B, C 点所在圆弧满足表达式

$$\begin{aligned} z_1 \cdot (x-A_1) + z_2 \cdot (y-A_2) + z_3 \cdot (z-A_3) &= 0 \\ (x-A_1)^2 + (y-A_2)^2 + (z-A_3)^2 &= L^2 \end{aligned}$$

B 点运动所在平面为 $y - \sqrt{3} \cdot x = 0$, C 点运动所在平面为 $y + \sqrt{3} \cdot x = 0$, 联立上述等式解得 $B(\gamma)$ 和 $C(\gamma)$, 此时有 $\overline{BC} = |B(\gamma) - C(\gamma)| = L$, 由此解

出 γ , 再代入 B 和 C 的表达式即解出 B' 和 C' , 则其余两杆的长度即为
$$\begin{aligned} l_1 &= |B' - B_1| \\ l_2 &= |C' - C_1| \end{aligned}$$

[0014] 所述的活动连接机构包括: 两端分别与动平台和静平台相连接的支链和驱动缆绳, 支链和驱动缆绳的数量相对应且均为三条。

[0015] 所述的支链包括: 连接顺序为转动副、移动副和球面副的 RPS 机构; 或者连接顺序为转动副、移动副、万向关节和转动副的 RPUR 机构。

[0016] 技术效果

[0017] 与现有技术相比, 本发明将驱动结构和运动约束结构分离, 运动约束结构进入平台工作空间, 而驱动结构充分利用缆绳柔性和传输距离基本不受限制的特点于外部进行控制, 实现远距精确操控和深入狭小复杂空间的功能。本发明在运动控制系统中, 以识别最长缆绳的方法, 固定至少一根缆绳, 即对应电机不动作, 降低输入信号采集自由度, 得出动作效率高, 功耗低的解算方案, 核心为借由默认优化条件, 使其控制信号的姿态自由度少于输出信号的姿态自由度, 并得出最优动作输出。

附图说明

[0018] 图 1 为现有技术结构示意图;

[0019] 图 2 为本发明结构示意图;

[0020] 图 3 为实施例 1 的解算坐标示意图。

具体实施方式

[0021] 下面对本发明的实施例作详细说明, 本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施, 给出了详细的实施方式和具体的操作过程, 但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0022] 实施例 1

[0023] 如图 2 所示, 本实施例包括: 动平台 1、若干支链 2 和驱动缆绳 3、静平台 4、柔性管束导引绳 5、若干独立电机 6 以及控制系统, 其中: 动平台 1 与静平台 4 之间通过若干支链 2 及驱动缆绳 3 相连接, 独立电机 6 通过柔性管束导引绳 5 与对应的支链 2 及驱动缆绳 3 相连, 控制系统分别控制各个独立电机 6, 以实现动平台 1 在驱动缆绳 3 和支链 2 的约束下的运动。

[0024] 控制系统包括: 信息输入单元、信息处理单元和信号输出单元, 其中: 信息输入单元采集运动指令, 由信息处理单元解算成运动信号, 信号输出单元将该运动信号传输至各

个独立电机 6。

[0025] 所述的信息输入单元包括二自由度的运动角度采集器,该运动角度采集器采集姿态信息并传输至信息处理单元,使得控制者根据姿态信息和需求,实时调整输入位姿。

[0026] 所述的信息处理单元接受信息输入单元采集的控制信号,通过对控制信号的识别,得出控制者需要的动作末端分别相对于相互正交的两水平轴,即笛卡尔坐标系中的 X 轴和 Y 轴的旋转角度,并插入默认至少一根缆绳的长度不变的条件,将解算条件增加至 3 个,依据并联机构运动学反解的解算方案,解算出三根缆绳的长度变化,转化为电机卷动的控制信号。

[0027] 控制信号的识别具体过程为:输入部通过其驱动程序输入计算机的为绕水平面内正交两轴的绝对角位移信号,建立动平台法向量数学表达式。以动平台上三个运动支链固定点组成的正三角形中心为假设的定点二自由度转动的旋转中心,假设动平台绕水平面内正交的两轴做旋转运动,对应输入信号的两个旋转轴和旋转角度。比较在输入的目标位姿下,做出此种运动时分别与三根支链的平行的单位矢量同动平台单位法向量的内积大小。得出内积最大的支链即为适合设定为长度不变的支链。如果有两个内积同为最大时,此时对应两支链的长度均保持最大。上述过程的具体数学表达式为:以动平台中心为坐标系原点设定动平台铰点 $A, B, C \in \mathbb{R}^3$ 和静平台对应铰点 $A_1, B_1, C_1 \in \mathbb{R}^3$; 设绕 X 轴, Y 轴的旋转角度分别为 α 和 β , 则动平台法向量 $z = z(\alpha, \beta)$ 有 $z = [z_1 \ z_2 \ z_3]^T, |z| = 1$; 令 θ 和 ψ 分别为 z 与绝对坐标系 z 轴的夹角, z 在 XY 平面内投影与 x 轴的角度,均为 z 的函数,有

$$\begin{aligned} A' &= R_{z, \alpha} \cdot R_{y, \beta} \cdot A \\ B' &= R_{z, \alpha} \cdot R_{y, \beta} \cdot B \\ C' &= R_{z, \alpha} \cdot R_{y, \beta} \cdot C \end{aligned} \quad \begin{aligned} U_{A'A_1} &= \frac{A' - A_1}{|A' - A_1|} \\ U_{B'B_1} &= \frac{B' - B_1}{|B' - B_1|} \\ U_{C'C_1} &= \frac{C' - C_1}{|C' - C_1|} \end{aligned} \quad \text{分别与三根支链的平行的单位矢量} \quad \text{然后比较以上三}$$

个单位向量与绝对坐标系 Z 轴的内积大小,最大内积对应的杆为最长杆。

[0028] 如图 3 所示,所述的解算的具体过程为:已知最长杆,假设一个最长杆的共线矢量方向,垂直于最长杆的 R 副旋转矢量,此矢量与 Z 轴的夹角为未知量 γ ,由此可描述最长杆与动平台的铰点 A。动平台另外两个支链的铰点 B, C 与此点 A 的距离均为 L,因此处于以最长杆铰点为球心的球面上。同时,这两个点均处于由 A 和已知位姿确定的法向量表征的平面内,两个面的交线是一个空间圆弧。同时 B, C 点又分别在各自所在杆的运动平面内,因此空间圆弧与此两平面交点即分别为 B, C。此时 B, C 的空间位置描述均为 γ 的一元函数。此时以 B, C 点的距离 L 为同一性条件建立等式,即解得 γ ,进而得到 B, C 点,最终求得其余两杆的杆长,与现有杆长比较,转化为电机行程。上述过程的具体数学表达式为:以最长杆的工作平面为 XZ 平面,静平台圆心为坐标原点, X 轴正向为原点至

$$\text{最长杆 R 副方向, } A(\gamma) = [A_1 \ A_2 \ A_3]^T = \begin{bmatrix} R + L \cdot \sin \gamma \\ 0 \\ L \cdot \cos \gamma \end{bmatrix} \quad \text{则 B, C 点所在圆弧满足表达式}$$

$$\begin{aligned} z_1 \cdot (x - A_{11}) + z_2 \cdot (y - A_{12}) + z_3 \cdot (z - A_{13}) &= 0 \\ (x - A_{11})^2 + (y - A_{12})^2 + (z - A_{13})^2 &= L^2 \end{aligned} \quad ; \quad \begin{aligned} &\text{B 点运动所在平面为 } y - \sqrt{3} \cdot x = 0, \text{ C 点运动所在} \\ &\text{平面为 } y + \sqrt{3} \cdot x = 0, \end{aligned}$$

联立上述等式解得 $B(\gamma)$ 和 $C(\gamma)$, 此时有 $\overline{BC} = |B(\gamma) - C(\gamma)| = L$, 由此

解出 γ , 再代入 B 和 C 的表达式即解出 B' 和 C' 则其余两杆的长度即为

$$\begin{aligned} l_1 &= |B' - B_1| \\ l_2 &= |C' - C_1| \end{aligned}$$

[0029] 所述的支链 2 和驱动缆绳 3 的数量相对应, 均为三条。

[0030] 所述的支链 2 包括: 连接顺序为转动副、移动副和球面副的 RPS 机构。

[0031] 在另外一种实现方式下, 支链 2 的结构也可以是: 转动副、移动副、万向关节和转动副的 RPUR 机构。

[0032] 控制系统由手柄采集控制者的输入运动并进行分析, 解算成机构中需要的运动输入, 转化为独立电机 6 的转动时间控制信号; 动力输入端的三个独立电机 6 根据控制系统的控制, 分别卷动驱动缆绳 3, 驱动缆绳 3 与传递图像信号的线缆都封装在柔性管束导引绳 5 中, 动力由三根驱动缆绳 3 传导, 通过柔性管束导引绳 5 传递至运动部分, 三根驱动缆绳 3 通过与动平台 1 固结的形式, 驱动有三个自由度的 3-RPS 平台, 使动平台 1 能够产生两个方向的转动和一个方向的平移可耦合而成的运动; 运动端动平台 1 的运动受到 RPS 支链 2 的约束和三根驱动缆绳 3 的驱动, 做出目标运动; 静平台 4 与柔性管束导引绳 5 固结, 其位置相对固定。

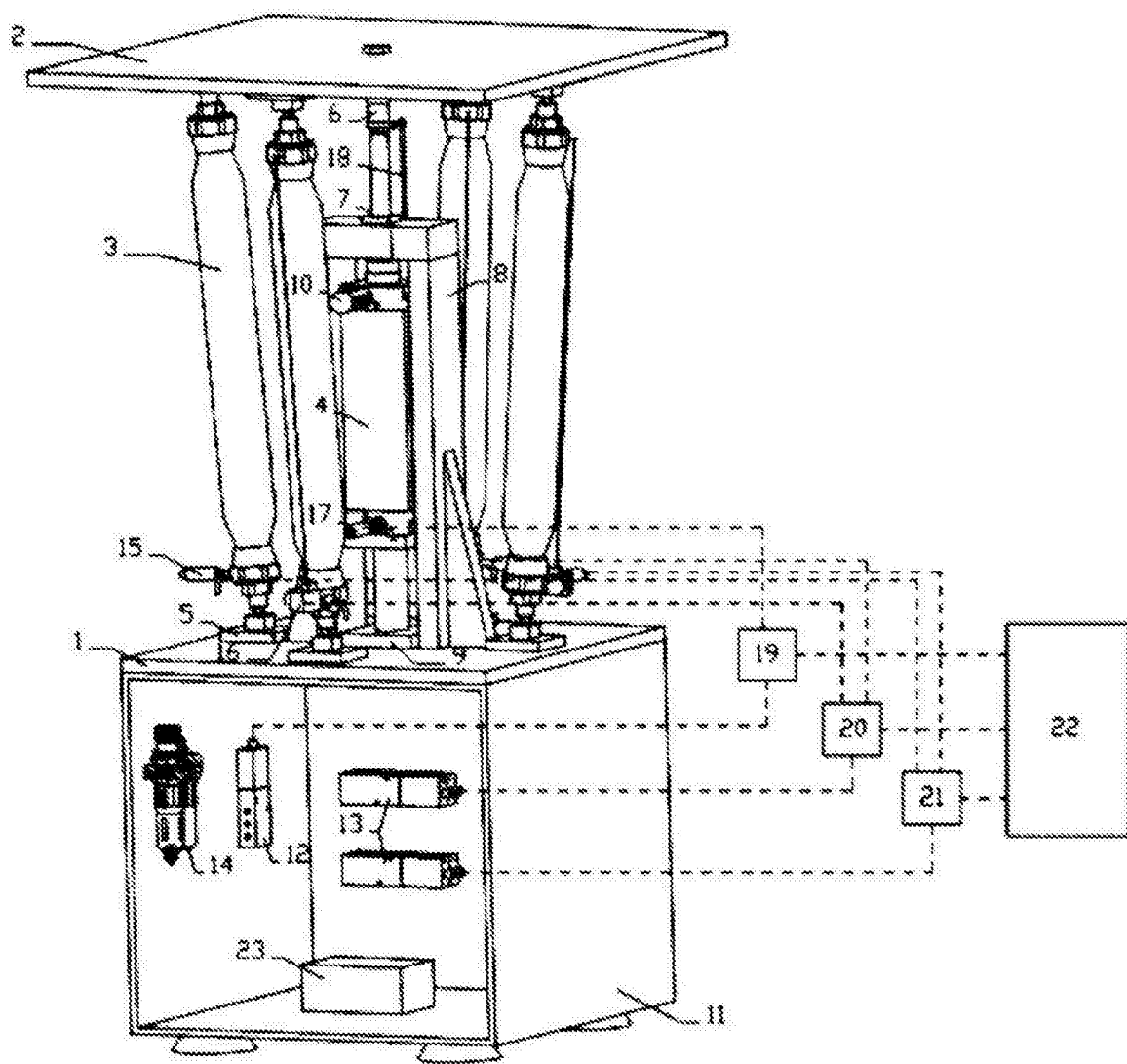


图 1

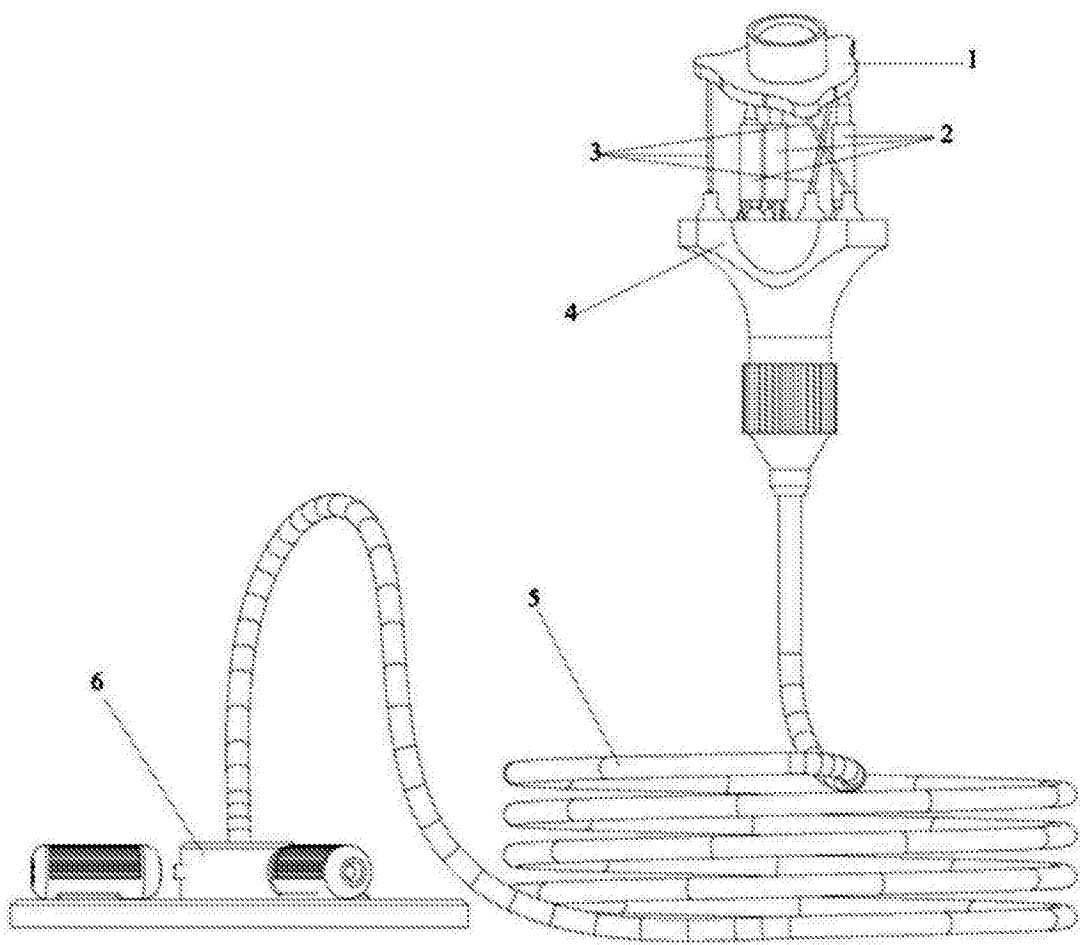


图 2

