



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01108297.6

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 1121298C

[22] 申请日 2001.2.27 [21] 申请号 01108297.6

[71] 专利权人 江苏工业学院

地址 213016 江苏省常州市机场路

[72] 发明人 沈惠平 杨廷力 金 琼 刘安心
石宝钱

[56] 参考文献

US,A,5279176 1994.01.18 G05G11/00 B25J11/00

US,A,5656907 1997.08.12 B25J15/02

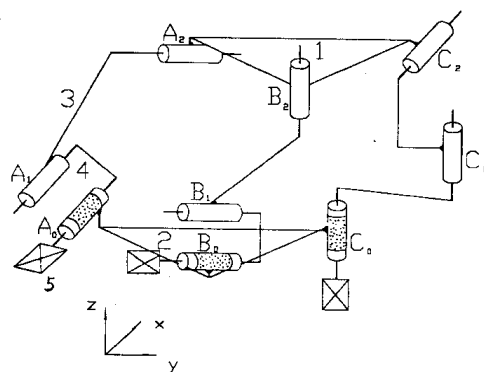
审查员 王冬杰

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

[54] 发明名称 用于虚拟轴数控机床、虚拟轴并联坐标测量机及并联机器人的三维平移并联机构

[57] 摘要

一种用于虚拟轴数控机床、虚拟轴并联坐标测量机及并联机器人的三维平移并联机构，由上平台、下平台和结构相同的三条支路组成。每条支路由相互平行的一个 R 转动副和一个 C 园柱副，及另一个与之垂直的 C 园柱副串联而成。控制下平台上三个驱动关节的运动，就可控制上动平台在空间 X、Y、Z 方向上的三维平移输出。该类机构具有结构简单、输入一输出具有解耦性，工作空间较大、便于制造安装等优点，可作为新型并联虚轴数控机床、新型并联坐标测量机及新型并联机器人的执行机构。



- 1、一种可用于虚拟轴数控机床、虚轴并联坐标测量机及并联机器人的三维平移并联机构，其由动平台（1）、静平台（2）及机械联接在动、静平台之间的三条支路组成，其特征在于每条支路分别由相互平行的一个 R 转动副（ A_0, B_0, C_0 ）和一个 C 园柱副（ A_1, B_1, C_1 ）及另一个与之垂直的 C 园柱副（ A_2, B_2, C_2 ）令通过两个中空或实心连杆（3, 4）以机械方式联接而成，其中每条支路的两端分别通过 C 园柱副（ A_2, B_2, C_2 ）和 R 转动副（ A_0, B_0, C_0 ）而与动平台（1）和静平台（2）相联。
- 2、按照权利要求 1 所述的并联结构，其特征在于三条支路相对于两平台联接的配置方式，可以是三支路呈两两相互垂直配置，也可以是相互非垂直配置。
- 3、按照权利要求 1 或者 2 所述的并联结构，其特征在于每条支路上的 C 园柱副（ A_1, B_1, C_1 ），可用虎克铰 T 副代替，而且该虎克铰 T 副的两个 R 转动副的轴线，分别与上平台的 C 园柱副的轴线及下平台的 R 转动副的轴线呈平行配置。
- 4、按照权利要求 1 或者 2 所述并联结构，其特征在于每条支路上的 C 园柱副结构可用一个由 1 个 R 转动副和 4 个 R 转动副组成的平行四边形机构的串联结构代替，前 1 个 R 转动副的轴线与原 C 园柱副的轴线平行，而平行四边形的 4 个 R 转动副轴线与它们垂直配置。

用于虚拟轴数控机床、虚拟轴并联坐标测量机及并联机器人的三维平移并联机构

技术领域

本发明涉及一种机床、机器人与坐标测量机的执行机构，具体地说是为并联结构虚拟轴数控机床、并联坐标测量机与并联机器人提供一种新型的并联机构。

背景技术

并联结构数控机床是指以并联机构为执行机构的机床，该机床被认为是二十世纪以来机床结构的一次革命。目前在美国、日本等国已研制出这种机床的样机，所采用的并联机构均为传统的斯图尔特(Stewart)机构。这种控制刀具在空间的位置和姿态变化的机构主要由基座、运动平台和连杆组成，基座和运动平台之间由连杆相连，连杆两端分别为球副和万向节。该机构上备有6个连杆，但连杆的长度可调，通过控制6根连杆的长度，改变刀具在空间的位置。

Stewart 机构具有以下缺点：①运动学正解非常困难；②运动平台的位置与方向为强耦合；③运动空间较小；④制造高精度球副困难。

基于上述情况，Tsai 提出虚拟轴数控机床用两个并联机构：下平台为三维平移并联机构，上平台为三维转动并联机构(US Patent, Tsai, Patent Number: 5656905, 1997)。其主要特点是运动学正解为8次；位置与方向解耦；与六腿 Stewart 机构相比，工作空间较大；完全由转动副组成并联机构，与球面副相比容易制造。但 Tsai 机构仍有以下缺点：

- ①运动学正解为8次封闭解，需建立一元8次方程并求解，这使得系统的控制和轨迹规划较为复杂。
- ②三维平移机构本身运动输入一输出为强耦合，使系统控制甚为复杂。
- ③机构存在虚约束，使其制造与装配较复杂。
- ④工作空间仍相对较小。

而并联结构的虚轴坐标测量机，也是近年来科学测量仪上的一个重大进展，与传统的属于串联结构的测量机相比，并联结构坐标测量机具有结构刚性大、运动速度高、误差不叠加等独特性，可使测量精度及测量效率等性能得到很大改善。目前，已有的相对成熟的并联式坐标测量机结构有6-SPS 6-RSS 以及3-RPS等。对于6-SPS和6-RSS机构来说，由于其可动平台相对于基平台具有6个空间自由度，因而其末端执行器的空间位姿比较灵活，但由于该机构的结构相对比较复杂，空间约束较少，致使其末端执行器的求解较困难；而对于3-RPS机构来说，其末端执行器的空间自由度为3（一个平动及二个转动），所以其空间位姿灵活度较差，但结构简单。

由于上述几种结构中均含有多个球面副，因此其制造及装配均较复杂。

综上所述, 并联虚轴数控机床和并联坐标测量机、机器人的发展和实用化需要创造出优于现有机构的新机型。

发明内容

本发明目的是克服现有技术的缺点, 提供一种新的三维平移并联机构, 该类机构具有结构简单、输入一输出具有解耦性、工作空间较大、便于制造安装等优点, 可以极大地简化并联结构虚拟轴机床和机器人系统的控制与轨迹规划的复杂性; 也可大大地减少在建立并联虚轴测量机测量模型、测量校正与补偿模型等方面的难度。为虚轴机床、机器人、虚轴坐标测量机及微动机器人提供了新机型, 为新型机床、新型机器人、新型虚拟轴测量机的开发与实用化提供了可能。

附图说明

- ① 附图 1 是本发明机构结构简图。它由上动平台 1、下静平台 2 及连接上下平台的三条腿组成。每条腿分别由相互平行的一个 R 转动副 (A_0, B_0, C_0), 和一个 C 园柱副 (A_1, B_1, C_1), 及另一个与之垂直的 C 园柱副 (A_2, B_2, C_2) 机械联结而成 (记为 $\{3-R//C \perp C\}$)。每条腿的上下二个连杆 3、4 用 C 园柱副 (A_1, B_1, C_1) 机械连接; 上连杆 3 与上动平台 1 用 C 园柱副 (A_2, B_2, C_2) 机械连接; 而下连杆 4 与下静平台 2 用 R 转动副 (A_0, B_0, C_0) 机械联接; 其中每条支路的两端分别通过 C 园柱副 (A_2, B_2, C_2)、R 转动副 (A_0, B_0, C_0) 与动平台 1、静平台 2 机械地联接, 三条支路运动副轴线可以是相互非垂直配置, 但也可以是相互垂直配置)。
- ② 附图 2 所示为附图 1 的衍生结构简图。在上、下平台上的配置方式不变, 但附图 2 支路中的中间 C 园柱副, 可用虎克铰 T 副 (即万向铰, 相当于轴线呈垂直配置的两个 R 转动副) 代替; 而虎克铰 T 副的两个 R 转动副, 分别与上平台的 C 园柱副的轴线及下平台的 R 转动副的轴线呈平行配置。
- ③ 附图 3 所示为附图 1、2 的 C 园柱副结构的衍生简图。即 C 园柱副 (含一个转动自由度及一个移动自由度) 可改为一个由 1 个 R 转动副 (产生转动自由度) 和 4 个 R 转动副组成的平行四边形机构 (产生移动自由度) 的串联结构。前 1 个 R 副的轴线与原 C 园柱副的轴线平行, 而平行四边形的 4 个 R 副轴线与它们垂直配置。
- ④ 控制下平台上三个驱动马达的运动, 就可控制上动平台在空间的位置和姿态, 实现 X、Y、Z 方向的三维平移输出。如在上动平台上安装动力头和刀具, 即可以作为并联结构的虚拟轴数控机床; 如在上动平台上安装探头即可以作为并联坐标测量机。

本发明为一种三维平移新型并联机构。该机构具有以下特点:

- ① 机构工作平台可实现三维平移运动输出, 无任何转动。
- ② 机构简单, 具有重量轻、刚性好, 可高速运动等优点。
- ③ 其运动学正解为 8 次, 即只需建立与求解三个一元二次方程, 解为解析式子, 运动输入

一输出又具有部分解耦性, 极大地简化了虚拟轴机床与机器人系统的控制问题; 也可大大地减少在建

立并联虚轴测量机测量模型、测量校正与补偿模型等方面的难度。

④ 机构不存在虚约束，使用 R 副和 C 副，可使机构制造、安装较为简单；利于精密加工且成本较低。

⑤ 工作空间较大。

总之，本发明为虚拟轴数控机床、并联坐标测量机与机器人等提供了具有上述特点的新机型，有利于新型虚轴机床、新型并联坐标测量机和新型机器人的开发和实用化。

本发明的一种新型并联机构作为执行机构可用于并联结构虚轴数控机床、虚轴并联坐标测量机、步行(含爬行、爬壁等)机器人、微动机器人、工业机器人(如装配、堆垛机器人)等，具有很好应用前景。

具体实施方式

下面通过附图和实例对本发明的技术给予进一步地说明。

附图 1 为本发明的 3-R//C \perp C 型三平移并联机构的结构示意图；

附图 2 为附图 1 所示结构的三平移并联机构的衍生结构替代示意图；

附图 3 为附图 1、2 中的 C 圆柱副结构的衍生结构替代示意图；

附图 1 所示的并联机构可为本发明的一个实施例，它由上动平台 1、下静平台 2 及连接上下平台的三条腿组成。每条腿的上下二个连杆 3、4 用 C 圆柱副 (A_1, B_1, C_1) 机械连接；上连杆 3 与上动平台 1 用 C 圆柱副 (A_2, B_2, C_2) 机械连接；而下连杆 4 与下静平台 2 用 R 转动副 (A_0, B_0, C_0) 机械联接；上平台 1 的三个 C 圆柱副的轴线两两垂直；而下静平台的三个 R 转动副 A_0, B_0, C_0 为驱动马达 5，其轴线也两两垂直。在三条联接腿的连杆结构参数及下平台上的三个转动副的分布位置一定时，控制下平台 2 上三个驱动马达 5 的运动，就可控制上平台 1 在空间的位置和姿态，实现 X、Y、Z 方向的三维平移输出。该种并联机器人的结构设计及驱动控制等均可按常规机电技术进行设计和安装，如将该并联机构作为行走机器人的腿，即可实现拟人化的行走方式；如将该并联机构作为集装运输用的码垛执行机构，可实现需要的三维方向上的平移运动；如在上动平台上安装刀具或探头，即可以作为并联结构的虚轴数控机床及并联坐标测量机的执行机构。

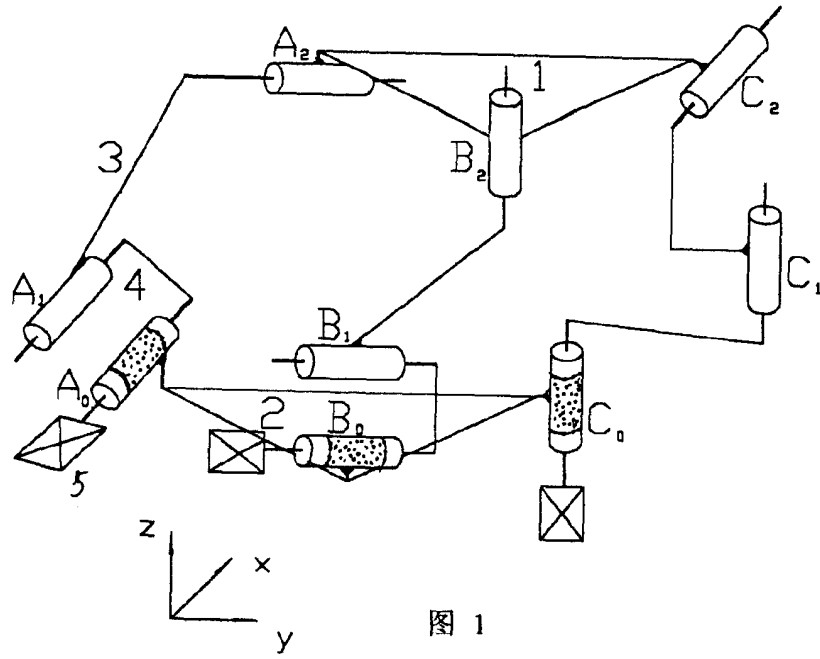


图 1

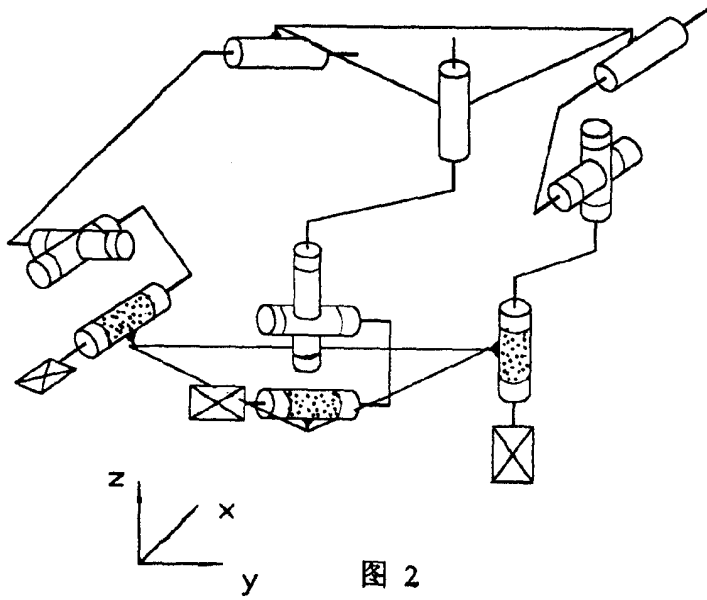


图 2

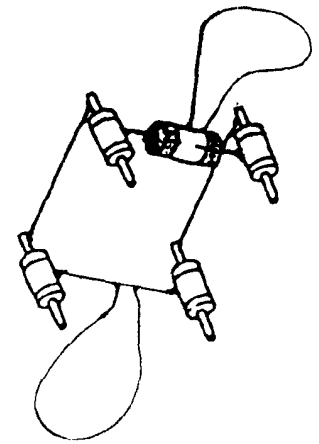


图 3