



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102825596 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201210339785. 6

(22) 申请日 2012. 09. 13

(73) 专利权人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 赵臣 闫帅 赵汉望 范荣芳
马峰涛

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 杜文茹

(51) Int. Cl.

B25J 9/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5625576 A, 1997. 04. 29, 全文.

JP 特开 2010-5757 A, 2010. 01. 14, 全文.

CN 101444431 A, 2009. 06. 03, 全文.

CN 101623864 A, 2010. 01. 13,

孙茂川. 通用型手术机器人主手的力感觉实现. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》. 2009, (第 09 期),

孙茂川. 通用型手术机器人主手的力感觉实现. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》. 2009, (第 09 期),

审查员 范有余

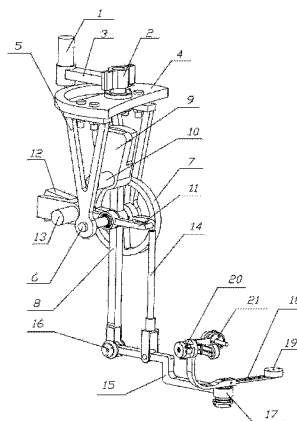
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人

(57) 摘要

一种完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人: 分别固定在基座上的第一关节驱动电机和第一关节轴; 第一关节丝盘, 通过回转副可旋转的连接在第一关节轴的下端, 所述的第一关节驱动电机的输出轴通过传动丝连接第一关节丝盘; 两个吊架, 分别固定连接在第一关节丝盘底部端面上的两侧; 大臂关节轴, 该大臂关节轴的两端部分别对称的固定在所述的两个吊架下端部; 第二、三关节丝盘, 该第二、三关节丝盘的回转中心固定连接在大臂关节轴上; 平行四边形驱动机构, 该平行四边形驱动机构可旋转的连接在大臂关节轴上, 且底部连接腕部机构。 本发明能够实现 6 自由度力感机器人的完全重力平衡, 满足力雅克比方程成立条件, 使主手机器人具有良好的静态透明性, 提高力感精度。



1. 一种完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人, 是采用下述的方法进行设计的:

(1) 首先通过对称设计或配重的方法逆序依次实现腕部 3 个关节机构的重力平衡设计, 让整个手腕的质心位于主手机器人小臂杆件上某一定点; 在具体设计时, 先设法使得第六关节轴的质心位于所述定点, 然后通过对称或配重方法让第五关节轴的质心也位于所述定点位置, 再通过对称或配重方法让第四关节轴的质心也处于所述定点位置; 在满足主手机器人刚度条件前提下, 应尽量减少各个关节机构的自重; 为了有效减轻整个腕部的质量, 上述关节均采用绝对式编码器;

(2) 将小臂驱动电机通过平行四边形机构后移到大臂关节轴侧, 进一步减小机器人的表现质量; 小臂驱动电机输出轴通过钢丝与丝盘相联, 并沿着丝盘外周滚动, 再通过平行四边形机构带动小臂关节回转; 平衡重配置在四杆机构的曲柄上;

(3) 大臂驱动电机的输出轴也通过钢丝与上述丝盘相联, 或沿着丝盘外周滚动, 进而带动大臂关节回转; 在大臂的一侧配有平衡重; 为了弥补计算误差的影响, 适当调节配重大小或位置;

(4) 通过小臂电机及配重以及大臂电机及配重, 在满足 2 元一次重力平衡方程的条件下, 获得两个配重质量;

(5) 将主手机器人的第一个关节轴线铅垂布置, 保证整个主手机器人不会因自重产生绕铅垂线的回转运动;

(6) 先做好腕部机构的重力平衡调整, 然后再调整位置机构的重力平衡;

其特征在在于, 完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人包括:

分别固定在基座上的第一关节驱动电机(1) 和第一关节轴(2);

第一关节丝盘(4), 通过回转副可旋转的连接在第一关节轴(2) 的下端, 所述的第一关节驱动电机(1) 的输出轴通过传动丝连接第一关节丝盘(4);

两个吊架(5), 分别固定连接在第一关节丝盘(4) 底部端面上的两侧;

大臂关节轴(6), 该大臂关节轴(6) 的两端部分别对称的固定在所述的两个吊架(5) 下端部;

第二、三关节丝盘(7), 该第二、三关节丝盘(7) 的回转中心固定连接在大臂关节轴(6) 上;

平行四边形驱动机构, 该平行四边形驱动机构可旋转的连接在大臂关节轴(6) 上, 且底部连接腕部机构, 所述的平行四边形驱动机构包括有:

大臂(8), 可旋转的连接在所述的大臂关节轴(6) 上, 所述的大臂(8) 的上端分别固定有大臂配重(9) 和第二关节驱动电机(10), 所述的第二关节驱动电机(10) 的输出轴通过传动丝连接所述的第二、三关节丝盘(7);

曲柄(11), 可旋转的连接在大臂关节轴(6) 上, 所述的曲柄(11) 的一端分别固定有小臂配重(12) 和第三关节驱动电机(13), 所述曲柄(11) 的另一端连接连杆(14) 的上端;

小臂(15), 该小臂(15) 的一端通过第三关节(16) 连接在所述大臂(8) 的底端, 该小臂(15) 的臂部铰接在所述的连杆(14) 的底端, 该小臂(15) 的另一端通过第四关节(17) 连接腕部机构;

所述的腕部机构包括有: 连接在第四关节(17) 上的 L 型支架(18), 固定在 L 型支架(18) 一端的第五关节配重(19), 分别固定在 L 型支架(18) 另一端的第五关节(20) 和第六

关节(21),所述的第四关节(17)的轴线、第五关节(20)的轴线和第六关节(21)的轴线三者汇交于一点,所述的第四关节(17)、第五关节(20)和第六关节(21)分别连接有绝对式码盘。

2. 根据权利要求1所述的完全重力平衡的6自由度串联式主手机器人,其特征在于,所述的第一关节驱动电机(1)和第一关节轴(2)通过支架(3)相连。

3. 根据权利要求1所述的完全重力平衡的6自由度串联式主手机器人,其特征在于,所述的第一关节轴(2)的轴线铅垂设置。

4. 根据权利要求1所述的完全重力平衡的6自由度串联式主手机器人,其特征在于,第一关节驱动电机(1)、第二关节驱动电机(10)和第三关节驱动电机(13)均采用直流电机,并各连接一个光电码盘。

完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 6 自由度串联式主手机器人。特别是涉及一种能够完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人。

背景技术

[0002] (1)目前国际上已经推出的商品化力感机器人,如美国 SensAble Technologies 的 PHANTOM 系列力感机器人和法国 Haption 公司的 Virtuouse 系列力感机器人等均没有实现完全重力平衡,仅是进行了位置机构的重力平衡设计。

[0003] 如果主手机器人没有完全重力平衡,就不满足力雅克比计算前提条件,所计算出的关节力矩值会存在一定的误差,进而影响到主手机器人的力感精度。

[0004] (2)在专利号为 CN102320040A 的发明专利中,其自主调节平衡机构采用一个直流电机通过减速装置驱动和控制一个平衡滑块自动地对手臂机构进行自重补偿。考虑到腕部要作 3 维运动,因此这种补偿方法的应用受到不小的限制,除非腕部质心始终位于机器人手臂上某一定点。

[0005] 在专利号为 CN102152299A 的发明专利中,为腕关节机构各姿态架提供动力的电机置于小臂及姿态架内部。考虑到电机的质量不容忽视,因此该发明机构存在不小的动态惯性力,会对力感精度与力感方向造成不小的影响。

[0006] 在专利号为 CN101623864A 的发明专利中,其位置机构实现了重力平衡,但对姿态机构没有进行重力平衡设计。

[0007] 在专利号为 CN101480798A 的发明专利中,公开了一种力反馈手控制器的高精度、低惯性直线位移机构,能够实现单自由度的力觉反馈。

[0008] 在专利号为 CN101439514A 的发明专利中,公开了一种滑块式结构解耦六维力反馈装置,可做到六自由度无条件解耦,结构简单,容易控制,运动精度高。但由于没有进行重力平衡设计,因此除非采用其他的办法进行重力补偿,否则难以实现主动力感。

[0009] 在专利号为 CN101439515A 的发明专利中,公开了一种平行四杆式结构解耦六维力反馈装置,由固定基座、三自由度并联移动单元、三自由度并串联转动单元构成。该专利也没有进行重力平衡设计,因此除非能够采用其他的办法实现重力补偿,否则也难以实现主动力感。

[0010] 在专利号为 CN101444431A 的发明专利中,公开了一种用于辅助微创外科手术机器人的三维力反馈主操作手。没有提及重力平衡问题。

[0011] 在专利号为 CN201224104Y 的发明专利中,公开了一种力反馈三自由度手控制器的机构,由菱形连杆机构组件、手部机构、配重、支架、手柄连接件和配重连接件组成。实现了重力平衡,但发明机构仅具有 3 个自由度。

[0012] 在专利号为 CN101261781A 的发明专利中,公开了一种五自由度力反馈虚拟手术器械,其允许的人体运动关节包括手臂的腕关节、肘关节和肩关节。没有提及重力平衡问题。从其附图可以判定,该专利没有进行重力平衡设计。

[0013] 专利号为 CN2772746Y 的发明专利,涉及一种实现遥控操作机器人控制的人机接口装置,由数据手套和力反馈装置组成,在数据手套的手指和手掌上分别连接有连接扣,力反馈装置由缸体和活塞组成,在缸体的活塞运动空间内充有电流变液体。在工作原理上与本次新申请的专利完全不同。

[0014] 在专利号为 CN1593861A 的发明专利中,公开了一种可穿戴式的柔性外骨骼机械手,由肩部大 3RPS 并联机构、肩部滑环机构、两个肘部四杆机构、腕部滑环机构和腕部小 3RPS 并联机构依次串连而成,具有 9 个自由度,可满足人体上臂全方位运动的要求。该机械手采用气缸作为执行元件。在工作原理上与本次新申请的专利完全不同。

[0015] 专利号为 CN1488474A 的发明专利也是一种面向人机交互的带有力反馈的外骨架式可佩戴数据臂。在工作原理上与本次新申请的专利完全不同。

[0016] 在专利号为 CN1410232A 的发明专利中,公开了一种 6 自由度通用型异构式机器人手控器(图 1),它由手部转动机构、支架和配重组成,支架上设双平行连杆机构,由 3~4 根联杆构成,联杆上有三个万向节。双平行连杆机构进行了重力平衡。在机器人构型等方面与本次新申请的专利完全不同。

发明内容

[0017] 本发明所要解决的技术问题是,提供一种能够解决力感主手完全重力平衡问题的完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人。

[0018] 本发明所采用的技术方案是:一种完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人,包括:

[0019] 分别固定在基座上的第一关节驱动电机和第一关节轴;

[0020] 第一关节丝盘,通过回转副可旋转的连接在第一关节轴的下端,所述的第一关节驱动电机的输出轴通过传动丝连接第一关节丝盘;

[0021] 两个吊架,分别固定连接在第一关节丝盘底部端面上的两侧;

[0022] 大臂关节轴,该大臂关节轴的两端部分别对称的固定在所述的两个吊架下端部;

[0023] 第二、三关节丝盘,该第二、三关节丝盘的回转中心固定连接在大臂关节轴上;

[0024] 平行四边形驱动机构,该平行四边形驱动机构可旋转的连接在大臂关节轴上,且底部连接腕部机构。

[0025] 所述的第一关节驱动电机和第一关节轴通过支架相连。

[0026] 所述的第一关节轴的轴线铅垂设置。

[0027] 所述的平行四边形驱动机构包括有:

[0028] 大臂,可旋转的连接在所述的大臂关节轴上,所述的大臂的上端分别固定有大臂配重和第二关节驱动电机,所述的第二关节驱动电机的输出轴通过传动丝连接所述的第二、三关节丝盘;

[0029] 曲柄,可旋转的连接在大臂关节轴上,所述的曲柄的一端分别固定有小臂配重和第三关节驱动电机,所述曲柄的另一端连接连杆的上端;

[0030] 小臂,该小臂的一端通过第三关节连接在所述大臂的底端,该小臂的臂部铰接在所述的连杆的底端,该小臂的另一端通过第四关节连接腕部机构。

[0031] 所述的腕部机构包括有:连接在第四关节上的 L 型支架,固定在 L 型支架一端的第

五关节配重,分别固定在 L 型支架另一端的第五关节和第六关节。

[0032] 所述的第四关节的轴线、第五关节的轴线和第六关节的轴线三者汇交于一点。

[0033] 所述的第四关节、第五关节和第六关节分别连接有绝对式码盘。

[0034] 第一关节驱动电机、第二关节驱动电机和第三关节驱动电机均采用直流电机,并各连接一个光电码盘。

[0035] 本发明的完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人,能够实现 6 自由度力感机器人的完全重力平衡,满足力雅克比方程成立条件,使主手机器人具有良好的静态透明性,提高力感精度。

附图说明

[0036] 图 1 是本发明的整体结构示意图。

[0037] 图中

- | | | |
|--------|--------------|--------------|
| [0038] | 1 :第一关节驱动电机 | 2 :第一关节轴 |
| [0039] | 3 :支架 | 4 :第一关节丝盘 |
| [0040] | 5 :吊架 | 6 :大臂关节轴 |
| [0041] | 7 :第二、三关节丝盘 | 8 :大臂 |
| [0042] | 9 :大臂配重 | 10 :第二关节驱动电机 |
| [0043] | 11 :曲柄 | 12 :小臂配重 |
| [0044] | 13 :第三关节驱动电机 | 14 :连杆 |
| [0045] | 15 :小臂 | 16 :第三关节 |
| [0046] | 17 :第四关节 | 18 :L 型支架 |
| [0047] | 19 :第五关节配重 | 20 :第五关节 |
| [0048] | 21 :第六关节 | |

具体实施方式

[0049] 下面结合实施例和附图对本发明的完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人做出详细说明。

[0050] 本发明的完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机器人,是采用下述的方法进行设计的:

[0051] (1) 首先通过对称设计或配重的方法逆序依次实现腕部 3 个关节机构的重力平衡设计,让整个手腕的质心位于主手机器人小臂杆件上某一定点。在具体设计时,先设法使得第六关节轴的质心位于该定点,然后通过对称或配重方法让第五关节轴的质心也位于此定点位置,再通过对称或配重方法让第四关节轴的质心也处于该定点位置。在满足主手机器人刚度条件前提下,应尽量减少各个关节机构的自重。为了有效减轻整个腕部的质量,上述关节均采用绝对式编码器。

[0052] (2) 将小臂驱动电机通过平行四边形机构后移到大臂关节轴侧,进一步减小机器人的表观质量。小臂驱动电机输出轴通过钢丝与丝盘相联,并沿着丝盘外周滚动,再通过平行四边形机构带动小臂关节回转。其平衡重配置在四杆机构的曲柄上。

[0053] (3) 大臂驱动电机的输出轴也通过钢丝与上述丝盘相联,也可以沿着丝盘外周滚

动,进而带动大臂关节回转。在大臂的一侧配有平衡重。为了弥补计算等误差的影响,可以适当调节配重大小或位置。

[0054] (4)通过小臂电机及其配重以及大臂电机及其配重,在满足 2 元一次重力平衡方程的条件下,可以获得两个配重质量。

[0055] (5)将主手机机器人的第一个关节轴线铅垂布置,保证整个主手机机器人不会因自重产生绕铅垂线的回转运动。

[0056] (6)先做好腕部机构的重力平衡调整,然后再调整位置机构的重力平衡。

[0057] 如图 1 所示,本发明的完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机机器人,具体包括:

[0058] 分别固定在基座上的第一关节驱动电机 1 和第一关节轴 2,所述的第一关节驱动电机 1 和第一关节轴 2 通过支架 3 相连,所述的第一关节轴 2 的轴线铅垂设置。

[0059] 第一关节丝盘 4,通过回转副连接在第一关节轴 2 的下端,所述的第一关节驱动电机 1 的输出轴通过传动丝连接第一关节丝盘 4;

[0060] 两个吊架 5,分别固定连接在第一关节丝盘 4 底部端面上的两侧;

[0061] 大臂关节轴 6,该大臂关节轴 6 的两端部分别对称地固定在所述的两个吊架 5 下端部;

[0062] 第二、三关节丝盘 7,该第二、三关节丝盘 7 的回转中心固定连接在大臂关节轴 6 上;

[0063] 平行四边形驱动机构,该平行四边形驱动机构可旋转的连接在大臂关节轴 6 上,且底部连接腕部机构。

[0064] 所述的平行四边形驱动机构包括有:

[0065] 大臂 8,可旋转的连接在所述的大臂关节轴 6 上,所述的大臂 8 的上端分别固定有大臂配重 9 和第二关节驱动电机 10,所述的第二关节驱动电机 10 的输出轴通过传动丝连接所述的第二、三关节丝盘 7;

[0066] 曲柄 11,可旋转的连接在大臂关节轴 6 上,所述的曲柄 11 的一端分别固定有小臂配重 12 和第三关节驱动电机 13,所述曲柄 11 的另一端连接连杆 14 的上端;

[0067] 小臂 15,该小臂 15 的一端通过第三关节 16 连接在所述大臂 8 的底端,该小臂 15 的臂部铰接在所述的连杆 14 的底端,该小臂 15 的另一端通过第四关节 17 连接腕部机构。

[0068] 第一关节驱动电机 1、第二关节驱动电机 10 和第三关节驱动电机 13 均采用直流电机,并各连接一个光电码盘。

[0069] 所述的腕部机构包括有:连接在第四关节 17 上的 L 型支架 18,固定在 L 型支架 18 一端的第五关节配重 19,分别固定在 L 型支架 18 另一端的第五关节 20 和第六关节 21。所述的第四关节 17 的轴线、第五关节 20 的轴线和第六关节 21 的轴线三者汇交于一点。所述的第四关节 17、第五关节 20 和第六关节 21 分别连接有绝对式码盘。

[0070] 本发明的完全重力平衡的 6 自由度串联式主手机机器人,小臂关节通过平行四边形机构驱动。每个关节轴均实现了重力平衡。位置机构的 3 个驱动电机均采用直流电机,配有 3 个光电码盘。腕部姿态机构的 3 个关节装有绝对式码盘。本机构设计紧凑、工作空间范围大、刚度高,具有良好静态力感精度。在中低速下也具有良好的动态力感精度。

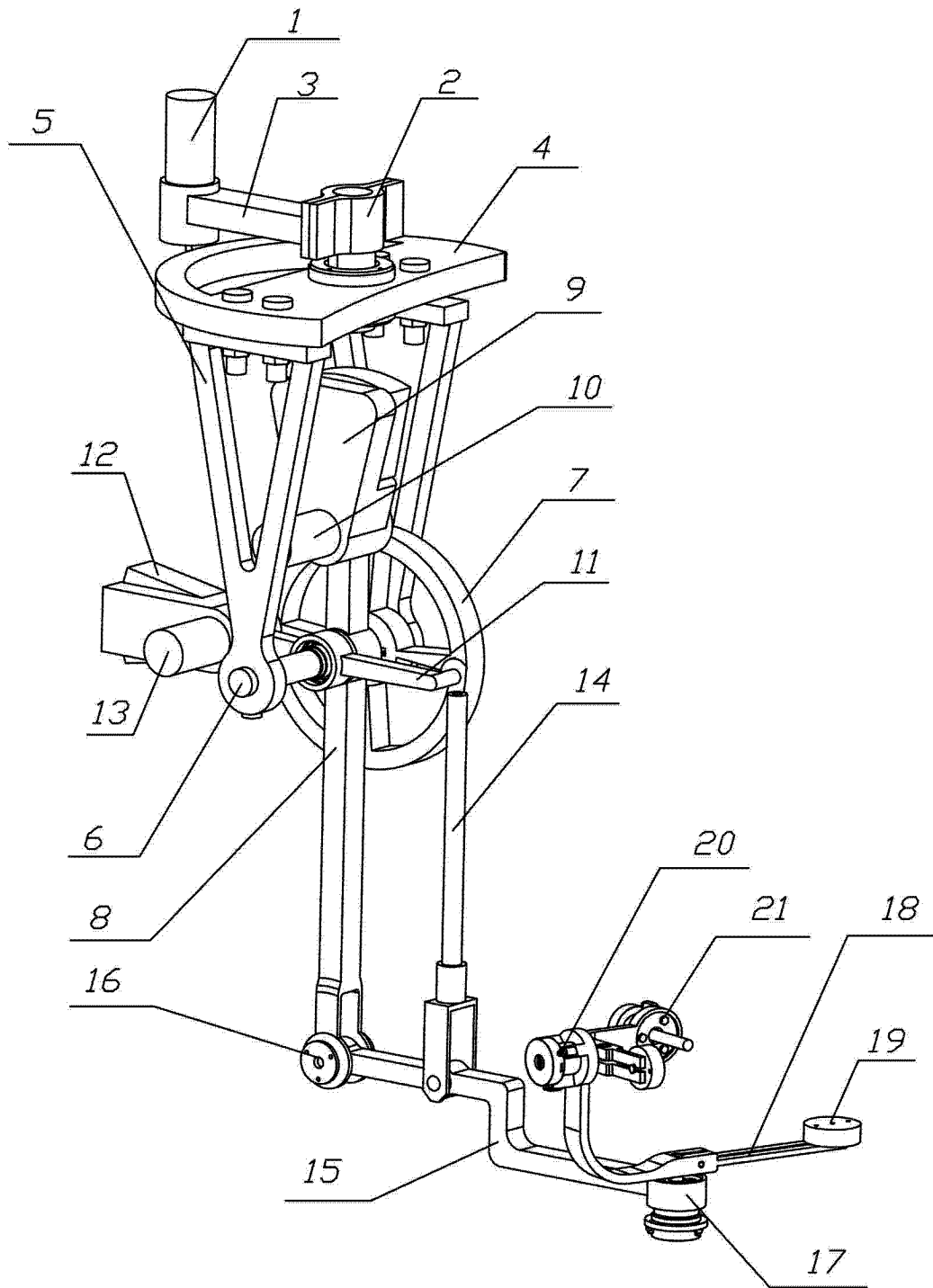


图 1