

基于 LabVIEW 的 3-PRRRR 移动并联机构控制系统

郭大杰, 沈卫平, 胡 挺

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对正交 3-PRRRR 移动并联机构特点,采用“PC + 运动控制卡”的方案设计了正交 3-PRRRR 移动并联机构的控制系统。系统主要由硬件和软件两部分组成。以 NI 公司的 LabVIEW8.5 作为开发平台,通过 PCI-7340 四轴运动控制卡和 UMI-7764 多功能数据采集卡实现对机构 3 个自由度的驱动控制。实验结果表明控制系统能够准确地实现单轴和多轴的联动控制,包括对动平台的位置、速度和加速度等运动参数的设置。该系统软件操作方便、界面友好。

关键词:移动并联机构;LabVIEW;控制系统

中图分类号:TH112;TP242

文献标识码:A

文章编号:1001 - 4551(2010)08 - 0048 - 04

Control system for 3-PRRRR translational parallel manipulator based on LabVIEW

GUO Da-jie, SHEN Wei-ping, HU Ting

(Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the orthogonal 3-PRRRR translational parallel manipulator, a PC motion controller-based control system of an orthogonal 3-PRRRR translational parallel manipulator was presented. The system was mainly composed of hardware and software. Using NI's LabVIEW8.5 as a development platform, the three translations of the 3-PRRRR parallel mechanism were controlled through the PCI-7340 four-axis motion controller and UMI-7764 multifunction data acquisition card. The results indicate that the control system can achieve accurate single-axis and multi-axis controls, including motion parameters of the moving platform position, velocity and acceleration, and the system has a friendly interface and is easy to use.

Key words: translational parallel manipulator; LabVIEW; control system

0 引 言

与六自由度并联机构相比,少自由度并联机构具有结构简单、刚度大、精度高、负载能力强、高速性能好、控制简单等特点^[1-2],成为近几年研究的热点之一。正交 3-PRRRR 移动并联机构(如图 1 所示)是一种完全解耦的机构,通过 3 条 PRRRR 支链把动平台和定平台连接,各支链之间无耦合运动。动平台的 3 个转动自由度受到约束,只有空间的 3 个移动自由度。由于该机构各支链之间无运动牵连,运动控制简单。该并联机构由于具有无误差累积、高速性能好的特点,因而能够在搬运、定位、分拣操作等工业应用中发挥独特的优势。

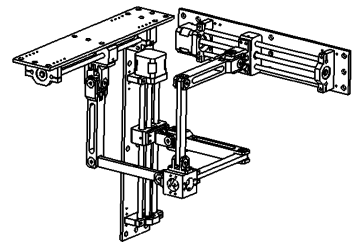


图 1 正交 3-PRRRR 移动并联机构

LabVIEW 是美国 NI 公司开发的一种基于图形化的编程语言^[3-4],具有灵活直观的编程效果和强大的开发功能,在工业领域被广泛应用。NI 运动助手(Motion Assistant2.3)是 LabVIEW 生成代码的附加工具,它可在交互式三维环境中开发 LabVIEW 运动控制应用程序。

本研究构建 3-PRRRR 移动并联机构控制系统,以 PCI-7340 运动控制卡为核心,在 LabVIEW8.5 的开发平台下,借助 Motion Assistan2.3 生成 LabVIEW 运动控制程序。它不仅能够实现单轴和多轴的运动控制,还可以设置运动形式以及速度、加速度等条件,可以显示在空间中的轨迹变化。

1 系统组成

1.1 机构描述

正交 3-PRRRR 移动并联机构采用对称的结构,动平台和定平台通过 3 条相同的 PRRRR 支链连接,3 条支链成正交分布状态。静坐标 $OXYZ$ 和动坐标系 $Pxyz$ 的轴线方向一致只是坐标原点不同,如图 2 所示。 P_i ($i=1,2,3$) 表示第 i 条支链的移动副,它们是机构中的驱动副。 R_{ij} ($i=1,2,3;j=1,2,3,4$) 表示第 i 条支链中的第 j 个转动副,它们是从动副。 A_i, C_i, D_i 分别是每个运动副的中心点,运动副 R_{11} 和 R_{22} 轴线垂直相交,而 B_i 是交点中心。在 PRRRR 支链 1 中,移动副 P_1 的轴线、转动副 R_{12}, R_{13}, R_{14} 与 X 轴方向一致, R_{11} 轴线方向与 Y 轴方向一致;在 PRRRR 支链 2 中,移动副 P_2 的轴线、转动副 R_{22}, R_{23}, R_{24} 与 Y 轴方向一致, R_{21} 轴线方向与 Z 轴方向一致;在 PRRRR 支链 3 中,移动副 P_3 的轴线、转动副 R_{32}, R_{33}, R_{34} 与 Z 轴方向一致, R_{31} 轴线方向与 X 轴方向一致。 D_{1x}, D_{2y}, D_{3z} 分别表示移动副的起始点离静坐标原点 O 的偏移距离。移动副作为驱动副,驱动行程分别为 q_1, q_2, q_3 。平台的位置 $P=(P_x, P_y, P_z)$, 在静坐标系下根据 P 点在不同支链下的坐标可得机构的运动学正解,即:

$$P_x = D_{1x} + q_1$$

$$P_y = D_{2y} + q_2$$

$$P_z = D_{3z} + q_3$$

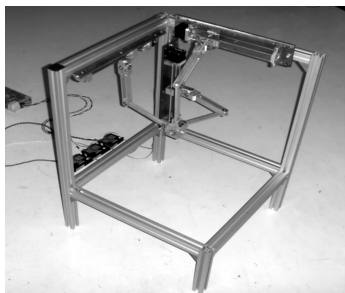


图 2 正交 3-PRRRR 移动并联机构图

1.2 系统原理

控制系统的硬件主要包括计算机、运动控制卡、多功能数据采集卡、电机驱动器、并联机构以及电源等,系统结构如图 3 所示。

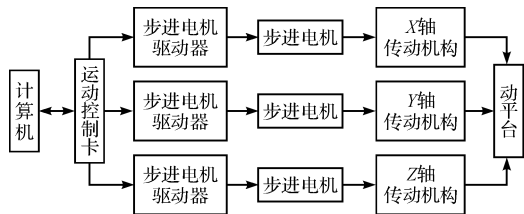


图 3 系统结构框图

首先计算机上的 LabVIEW 软件发出控制指令,运动控制卡接收指令,通过多功能数据采集卡发出一定的高、低电平脉冲信号,电机驱动器对脉冲信号进行功率放大,放大后的信号接入步进电机,从而驱动步进电机按照设定的转动方向转动。通过改变高低电平转换的时间间隔,来调节或改变脉冲信号的频率,以达到控制步进电机转速的目的^[5]。

由于正交 3-PRRRR 平移并联机构是完全解耦,它的支链之间无牵连运动。 X, Y, Z 轴方向上都是由步进电机驱动滚珠丝杠代替移动副。运动控制卡提供对每个步进电机的控制,每个轴既可以彼此毫无关联,也可以存在联动关系,包括单轴和多轴点对点运动。

1.3 硬件组成

该控制系统采用 NI 公司的 PCI-7340 运动控制卡、UMI-7764 多功能数据采集卡、Haydon DCM4010 电机驱动器、Haydon 直流步进电机、24 V、5 V 开关电源组成的硬件系统^[6]。系统连接如图 4 所示。

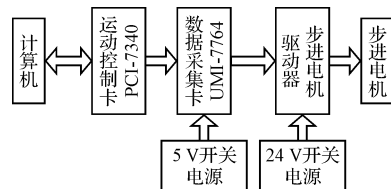


图 4 系统连接图

PCI-7340 运动控制卡采用了先进的双 32 位处理器,可最多执行 10 个用户程序。它可以同时控制四轴的独立或联动运动。步进轴既可以工作在开环方式系统又可以工作在闭环方式系统,每个步进轴都支持全步、半步和细分步功能^[7]。

UMI-7764 是一款与运动控制卡相配套的多功能数据采集卡,它能够方便地将 NI 的运动控制卡与直流电源、步进电机驱动器、电机等相连,不需要其他辅助配线工具,直接可通过 SHC68-C68-S 屏蔽电缆线连接 UMI-7764 和 PCI-7340 控制卡。

Haydon DCM4010 型驱动器把从控制器发出的信号转换为高电流信号驱动电机。电机驱动器要与电机匹配,步进电机驱动器能与步进电机相连,而不能与伺服电机相连。驱动电流、电压的大小将影响电机的运

转。它的直流供电电压值范围为 12 V ~ 40 V;驱动电流范围 0.15 A ~ 1.06 A。驱动器侧面有 6 个手拨开关,SW1 ~ SW3 调整驱动电流大小,SW4 ~ SW6 调整电机的细分步。

1.4 硬件连接

四线直流步进电机直接与步进电机驱动器的 A +、A -、B +、B - 端口相连;OPTO 是 +5 V 信号输入端,可直接与 UMI-7764 上的 +5 V 端口相连;ENA 是使能端,当此端为低电平时电机停转,不用此端,将它与 +5 V 的高电平相连;+V 和 GND 是 24 V 电压的输入端,可与开关电源相连;DIR 是方向电平输入端,与 UMI-7764 上 DIR (CCW) 连接,控制电机的正反转;PUL 是步进脉冲信号连接 UMI-7764 上 STEP (CW) 端。具体连接图如图 5 所示。

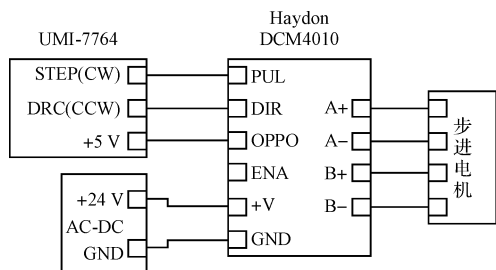


图 5 具体连接图

2 LabVIEW 系统软件编程

2.1 软件功能

系统软件控制程序实现的功能包括:控制卡初始化、运行参数设置、运行方式设置、运行状态查询等^[8-9]。能完成多轴运动功能的程序,即可实现单轴直线运动控制、两轴平面运动控制、三轴空间运动控制,并通过三维坐标显示在空间的轨迹。

2.2 功能实现

Motion Assistant2.3 可以执行直线运动和曲线运动。只需要在相关的界面设置运动的参数,相应的轨迹就会实时显示。它可以设置一维、二维、三维的运动,还支持对 X、Y、Z 轴电机的选择、速度、加速度、运动目标位置和运动模式的设置。因此可以很方便地设计一些复杂的运动,最后通过转换生成 LabVIEW 的运动控制代码。通过对生成的代码进行修改和添加相应的功能,最终得到一个完整的系统。软件流程如图 6 所示。

首先通过 Motion Assistant2.3 软件(如图 7 所示) Add Step 菜单可添加运动控制相关的子 SubVI 程序。对于 3-PRRRR 移动并联机构首先添加 Reference Move

子程序,它借助于位置传感器帮助平台寻找零点。再添加 Straight Line Move 子程序,设置成三维的运动控制,并选择对应 X、Y、Z 轴上运动控制卡轴的参数。通过界面中的工具菜单转化成 LabVIEW 代码,在 LabVIEW 的平台下加入其他的功能。3-PRRRR 移动并联机构的控制界面,如图 8 所示。

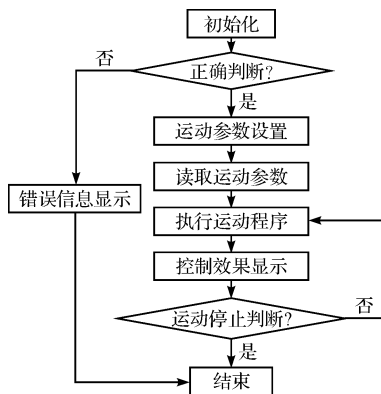


图 6 程序流程图

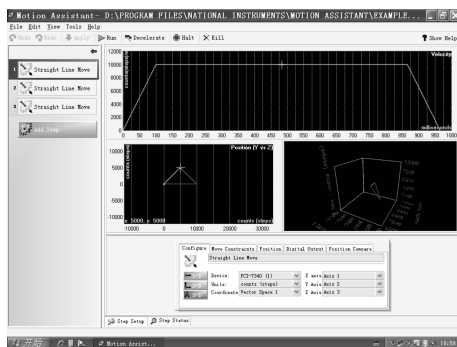


图 7 Motion Assistant2.3 软件界面

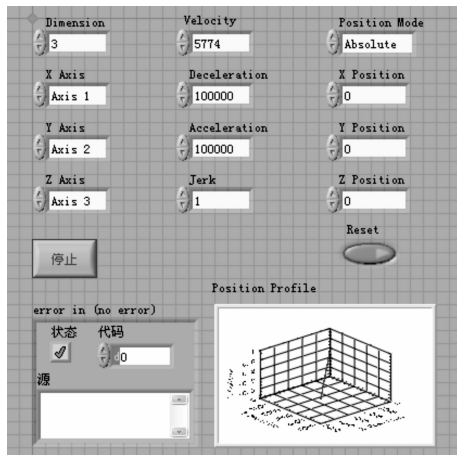


图 8 运动控制界面

整个程序可对运动模式进行选择,实现单轴或多轴的复合运动。由于 PCI-7340 运动控制卡最多提供四轴运动控制,可以修改 X、Y、Z 轴对应的 4 个控制轴。运动参数控制包括目标位置坐标、运动速度、加速度、急动加速度等参数的设置。此外本程序还增加了

错误报告显示的功能,若控制过程中出现错误,可在错误报告栏中查看错误报告,以便做出相应处理。一旦出现不可控制的状态,可通过紧急开关终止程序运行,以保护整个机构不会受到损坏。

3 样机实验

在进行试验前首先要保证电机、运动控制卡、电源等元件能正常工作。首先运行 Max 程序,检验 PCI-7340 运动控制卡是否可被检测到,如果显示则代表运动控制卡正常。其次检验 5 V 和 24 V 的电源指示灯是否亮。最后打开 3-PRRRR 移动并联机构控制系统,设置机构的运动参数,最终启动程序运行。

单轴运动实验是单独驱动 Y 轴,具体参数设置的人机界面如图 9 所示。其机构位置如图 10 所示。

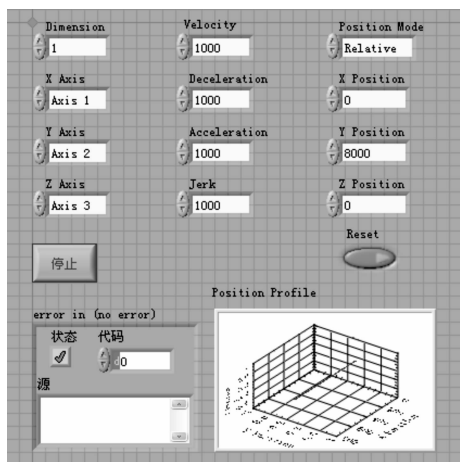


图 9 单轴驱动设置界面

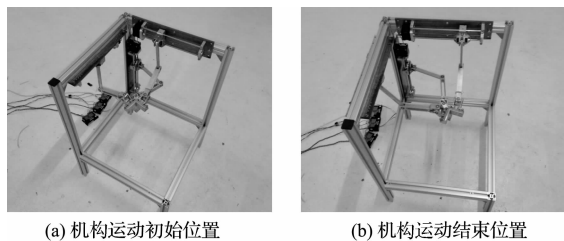


图 10 机构位置图

三轴驱动运动的运动参数人机界面如图 11 所示。相应的机构位置图如图 12 所示。

4 结束语

单轴和多轴驱动实验表明,基于 LabVIEW 的 3-PRRRR 移动并联控制系统通过调整运动方式和运动参数使动平台运行稳定,能够实现独立和联动的控制方式,并把动平台的轨迹在空间内显示。为了完善对动平台的控制,需要提高系统的精度。动平台的位置

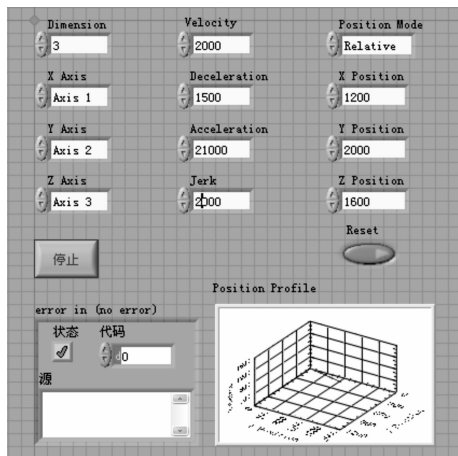


图 11 三轴驱动设置界面

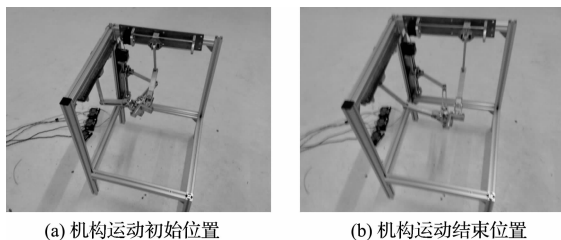


图 12 机构位置图

归零和误差补偿修正将是下一步研究的方向,最终目的是提高机构的控制精度。该系统具有良好的人机交互界面,操作简单方便。通过 LabVIEW 构建的运动控制系统可以大大提高开发的便捷性,为并联机构的广泛应用提供重要的参考价值。

参考文献 (References):

- [1] MERLET J P. Parallel robots [M]. 2nd ed. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [2] KIM H S, TSAI L W. Design optimization of a Cartesian parallel manipulator [J]. *Journal of Mechanical Design*, 2003, 125 (1): 43 - 51.
- [3] 申炎华,王汝杰,雷振山. LabVIEW 入门与提高范例教程 [M]. 1 版. 北京:中国铁道出版社, 2006.
- [4] 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW 8. 20 程序设计从入门到精通 [M]. 1 版. 北京:清华大学出版社, 2007.
- [5] 王伟,熊静琪. 在 LabVIEW 平台上构建一种二维运动控制系统 [J]. *中国测试技术*, 2005, 31 (6): 104 - 106.
- [6] 毛计庆,云乃彰,孟轶,等. LabVIEW_快速构建步进电机控制系统的利器 [J]. *电机与控制应用*, 2009, 36 (1): 30 - 32.
- [7] 韩同彬,刘洁瑜,汪立新,等. 基于虚拟仪器转动平台自动化控制系统 [J]. *兵工自动化*, 2009, 28 (3): 65 - 67.
- [8] 陆锡荣,庄松林,徐永杰,等. LabVIEW 8. 2 平台上步进电机控制系统的设计 [J]. *计算机工程与应用*, 2008, 44 (23) 77 - 79.
- [9] 孙秀桂,赵兵. 基于 LabVIEW 的步进电机控制器的设计 [J]. *大理学院学报*, 2008, 7 (12): 68 - 70.