

编号: CN141134202020332

收录证书

高慧芳、田浩:

您撰写的《含柔顺关节并联机器人的运动性能研究》论文,经专家组评审通过,被《机械管理开发》杂志拟于2020年第3期(总第203期)录用。

特发此证



含柔顺关节并联机器人的运动性能研究

高慧芳¹, 田浩²

(¹中国电子信息产业发展研究院, 北京 100048; ²北京飞利信科技股份有限公司, 北京 100191)

摘要:以柔顺关节并联机器人为研究对象, 针对其存在的轴心漂移误差, 开展运动规划研究。考虑轴心漂移产生的实际杆长变化, 设计一种漂移补偿规划方法, 并在笛卡尔空间应用 S 型速度曲线, 规划机器人的运动参数以降低柔顺关节的弹性振动。使用柔顺关节并联机器人的虚拟样机模型进行运动规划方法的仿真研究, 结果表明提出的运动规划方法能有效降低运动误差。

关键词:柔顺并联机器人; 轴心漂移; 运动规划

中图分类号: TH112; TP242

文献标识码: A

论文编号:

Motion Performance Research of Parallel Robot with Compliant Joints

GAO Hui-fang¹, TIAN Hao²

(¹China Center for Information Industry Development, Beijing 100048, China,

²Beijing Philisense Technology Co., Ltd., Beijing 100191, China)

Abstract: Referring to the axis drift errors of large deformation compliant joint for the compliant parallel robot, a study on motion planning of the robot system was presented. The drift compensation motion planning method was proposed to solve the actual length changes of levers caused by axis drift. In Cartesian space, the S-curve velocity mode was used to design the trajectory parameters for the vibration control of compliant joints. Simulation researches of motion planning method were carried out based on the virtual prototype model of compliant parallel robot. The simulation results show that the proposed motion planning method can reduce the motion errors effectively.

Keywords: compliant parallel robot; motion planning; axis drift

1 引言

通过结合并联机器人和柔顺关节的性能特点, 构成的柔顺关节并联机器人, 由于使用柔顺关节作为运动副传递机器人系统运动, 能够避免由传统运动副产生的运动误差^[1], 改善机器人性能。

文献[2-4]分别设计出具有宏观尺度变形特征的片簧型柔顺关节、扭簧型/缺口型柔顺关节、开槽型柔顺关节, 具有扭转角度大、轴心漂移小等优点。但研究内容对柔顺关节的自身特性对系统整体性能的影响缺少考虑。

由于柔顺关节存在轴心漂移误差, 为降低其影响, 研究者采用构型设计方法, 设计出车轮型^[5]、圆环型^[6]、辅助支撑型^[7]、裂筒型^[8]等构型的柔顺关节, 有效降低了轴心漂移误差。但上述研究设计的柔顺关节, 需要改变机器人系统的结构及传动形式。本文将在不改变机器人原有结构的基础上, 研究使用柔顺关节替代刚性关节对机器人性能产生的影响, 所以不适用于本文研究。

由于柔顺关节自身的低刚度特性, 使得应用柔顺关节构成的宏观大范围运动柔顺关节并联机器人的刚性较低, 当系统进行宏观大范围运动时, 极易引起柔顺关节的弹性振动, 对机器人运行精度造成严重影响。为此, 需要通过合理的机器人运动规划, 保证系统的平稳运行。

本文以柔顺关节并联机器人为研究对象, 针对轴心漂移误差, 设计漂移补偿运动规划方法和 S 型速度曲线相结合的运动规划方法。通过仿真试验, 验证了该运动规划方法的有效性。

2 柔顺关节并联机器人运动规划

图 1 是平面三自由度柔顺关节并联机器人系统, 以柔顺关节自身的弹性变形传递系统运动, 详细运动学分析过程详见文献[10]。

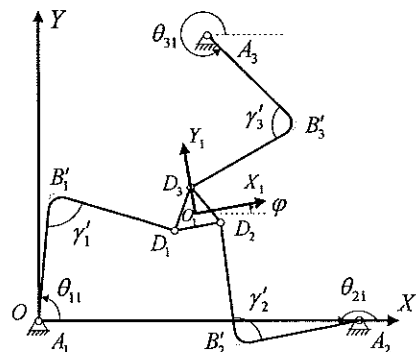


图 1 平面三自由度柔顺关节并联机器人机构示意图

Fig.1 Schematic diagram of planer 3-DOF compliant parallel robot with joints

2.1 轴心漂移补偿运动规划

图 2 中, 如果已知动平台位姿 X , D_i 点的位置坐标可由几何关系确定, 根据定平台的结构参数确定 A_i 点的位置坐标, 从而可以得到 $\Delta A_1 D_1 A_2$ 的各边长度, 由余弦定理计算内角 α_1 , 得到

$$\alpha_1 = \arccos \frac{|A_1 D_1|^2 + |A_1 A_2|^2 - |A_2 D_1|^2}{2|A_1 D_1||A_1 A_2|} \quad (1)$$

研究中考考虑柔顺关节并联机器人主动杆和从动杆杆长的变化量一致^[9], 由于主动杆和从

$$j_{\max}=700\text{mm/s}^3, v_s=v_e=0.$$

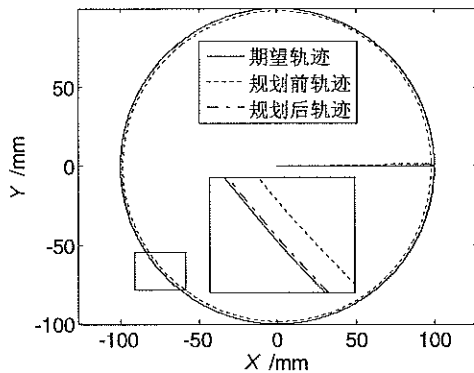
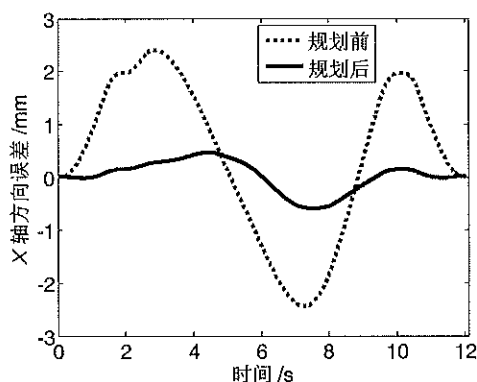
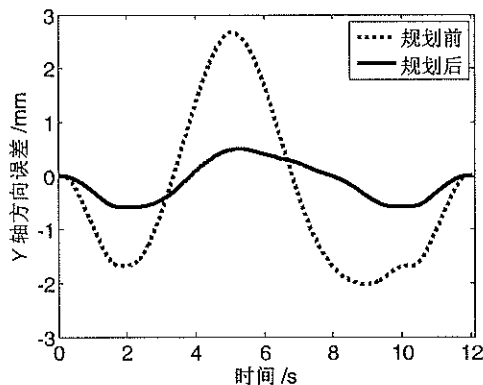


图3 轴心漂移补偿运动规划方法的末端轨迹

Fig.3 End-effector trajectories of axis drift compensation motion planning method



(a) X轴方向误差



(b) Y轴方向误差

图4 末端轨迹误差

Fig.4 Errors of end-effector trajectories

仿真试验是使用轴心漂移补偿运动规划方法和 S 型速度曲线规划方法对机器人系统进行运动规划, 图 3 对比了使用本文提出的规划方法和未使用该方法的机器人末端轨迹, 结果可以看出, 使用本文提出的规划方法后机器人末端轨迹与期望轨迹的吻合度较高。

图 4 给出了使用本文提出的运动规划方法前后, 机器人沿两坐标轴方向的末端轨迹误差, 可以看出规划前机器人的末端轨迹有明显误差, 沿两坐标轴方向的误差在 $[-3\text{mm}, 3\text{mm}]$ 的区

间内, 而规划后末端轨迹误差显著降低, 沿两坐标轴方向的误差缩小至 $[-1\text{mm}, 1\text{mm}]$ 的区间内, 下降幅度明显, 机器人的运行精度显著提高。

结论

本文以柔顺关节并联机器人为研究对象, 使用轴心漂移补偿规划方法和 S 型速度曲线规划方法对机器人进行了运动规划。仿真结果表明, 提出的运动规划方法, 有效抑制了柔顺关节的轴心漂移误差, 提高了柔顺关节并联机器人的整体运行精度。

参考文献

- [1] Howell L L. Compliant Mechanism[Z]. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [2] 余跃庆, 崔忠炜, 赵鑫, 等. 柔顺关节并联机器人设计与实验[J]. 农业机械学报. 2013, 44(07): 274-278.
- [3] 崔忠炜. 柔顺铰链的结构设计、仿真及实验研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2013.
- [4] 余跃庆, 马兰, 崔忠炜, 等. 并联机器人开槽薄壁柔顺关节设计与实验[J]. 农业机械学报. 2014, 45(5): 284-290.
- [5] Smith S T. Flexures: elements of elastic mechanisms[M]. Gordon and Breach Science, 2000: 153-230.
- [6] 赵山杉, 毕树生, 宗光华, 等. 基于曲线柔性单元的新型大变形柔性铰链[J]. 机械工程学报. 2009, 45(04): 8-12.
- [7] 谭坤. 柔性铰链性能分析与结构设计[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2006.
- [8] Goldfarb M, Speich J E. Well-behaved revolute flexure joint for compliant mechanism design[J]. Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME. 1999, 121(3): 424-429.
- [9] Li Y, Yu Y. Dynamic Modeling for a High-Speed 3-DOF Parallel Robot with Compliant Joints[C]. Phuket, Thailand: 2014.
- [10] 田浩, 余跃庆, 吕强. 片簧型柔顺并联机器人运动规划与轨迹跟踪技术[J]. 农业机械学报. 2015(03): 372-378.

作者简介

E-mail: tianhao19860506@126.com

高慧芳 (1988-), 女, 山西运城人, 博士。研究方向: 机构学理论和方法设计研究。

E-mail: gaohuifang@cstc.org.cn

田浩 (1986-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 博士。研究方向: 机构学理论和方法设计研究。