

文章编号: 2095-2163(2020)06-0221-04

中图分类号: TP2

文献标志码: A

基于 Simulink 气动抛光机器人动力学研究

王安然¹, 金晓怡¹, 奚 鹰²

(1 上海工程技术大学 机械与汽车工程学院, 上海 201804; 2 同济大学 机械与能源工程学院, 上海 201804)

摘要: 工业机器人是在工业领域可实现多关节和多自由度运动的机械结构, 可实现在一定的工作环境下, 代替人自主进行一些工业加工, 其在装配、喷漆、搬运和抛光等领域的运用也越来越广。为研究气动驱动对机械臂的驱动, 结合抛光加工机理, 运用 Matlab 中的 Simulink 模块对气缸驱动的抛光机器人的驱动过程进行动力学建模与仿真, 结合抛光过程中的外部负载得出该加工过程中的机械臂各方面数据变化。

关键词: 抛光机器人; Simulink; 气缸; 建模与仿真

Dynamics study of pneumatic polishing robot based on Simulink

WAN Anran¹, JIN Xiaoyi¹, XI Ying²

(1 School of Mechanical and Automotive Engineering, Shanghai university of Engineering science, Shanghai 201804, China;
2 School of Mechanical and Energy Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

[Abstract] Industrial robot is a mechanical structure that can realize multi-joint and multi-degree of freedom movement in the industrial field. In the industrial field, it can realize some industrial processing in a certain working environment instead of people, and it is more and more widely used in the fields of assembly, painting, handling and polishing. In order to study the driving mechanism of pneumatic driven mechanical arm combined with polishing processing mechanism, the dynamic modeling and simulation of the driving process of cylinder to polishing robot were carried out by using the Simulink module in Matlab, and the data changes in various aspects of the mechanical arm in the polishing process were obtained by combining with the external load in the polishing process.

[Key words] polishing robot; Simulink; Cylinder; Modeling and simulation

0 引言

工业机器人是现代制造业重要的自动化装备, 融合了机械、电子、控制、计算机、人工智能等多项前沿技术, 由于机器人在生产加工中可以有效的提高生产效率和质量, 越来越多的领域运用工业机器人进行加工, 在曲面抛光研磨上的发展也非常迅速。抛光是指通过机械、化学和电化学方法降低工件表面的粗糙度, 以获得光亮平坦表面一种加工方法^[1]。但目前国内企业大多还停留在手动抛光作业上^[2], 为了适应日渐增长的生产需求, 将工业机器人运用在复杂曲面的抛光上势在必行。本文以现有的抛光工业机器人为原型, 研究其气动驱动的动力学性能。气压传动技术以压缩空气为介质和动力源实现能量或信号传递^[3-4]。与机械传动与电气传动相比较, 气压驱动具有功率大、重量轻、运动平稳和容易实现自动化等优点^[5], 而且从源头分析气体具有方便获取、无污染等优点^[6], 更适合运用在复杂曲面的抛光加工上, 气体驱动机器人更加适应未来的发展趋势。

1 抛光机器人相关结构

抛光机器人由腰部、大臂、小臂、腕部、末端抛光部件及相关部位连接关节组成, 如图 1 所示。

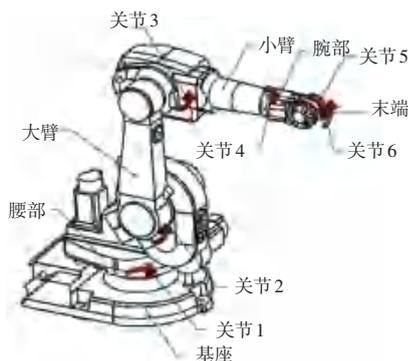


图 1 抛光机器人结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of polishing robot

组成机器人的相关关节可实现转动和移动, 腰部关节通过转动改变机器人的上部结构方位; 大臂关节带动大臂改变小臂的俯仰角度和水平方向位移; 小臂关节带动小臂改变腕部在空间的工作位置; 末端夹持工具的相关位姿由腕部关节的改变来实

基金项目: 江西省赣州市科技重大专项项目(TGS2018-01-02)。

作者简介: 王安然(1995-), 男, 硕士研究生; 主要研究方向: 机器人学; 金晓怡(1966-), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 机构学、仿生机器人、摩擦学。

收稿日期: 2019-10-10

现。其工作状态如图2所示。



图2 抛光机器人工作图

Fig. 2 Working diagram of polishing robot

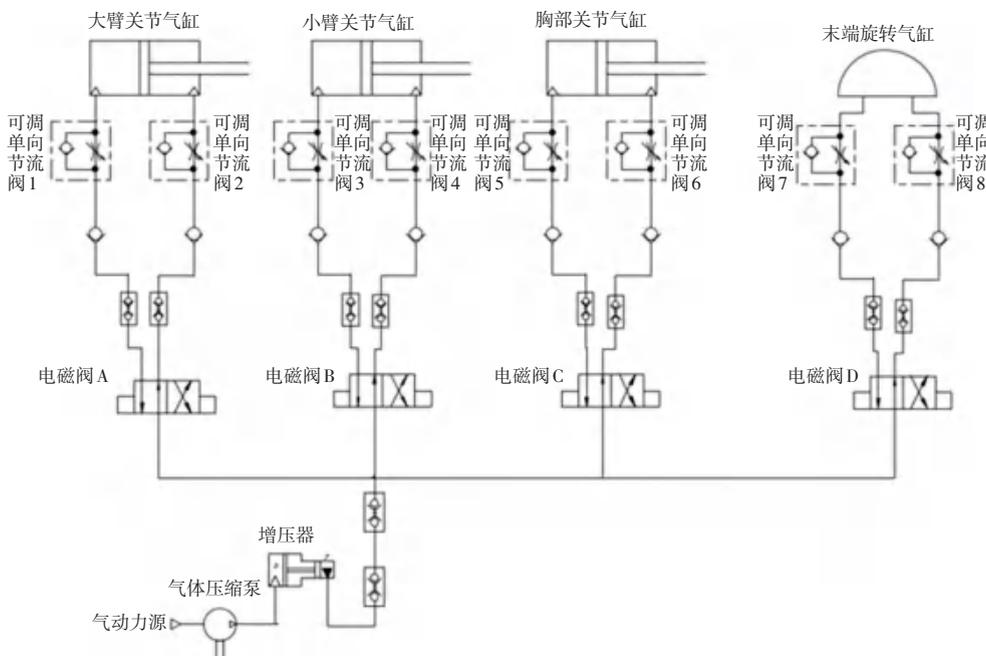


图3 抛光机器人气动系统图

Fig. 3 Pneumatic system diagram of polishing robot

2.2 气缸缸径计算

驱动负载(活塞杆伸出),公式(1):

$$F = \frac{\pi D^2 P \eta}{4} \quad (1)$$

驱动负载(活塞杆缩回),公式(2):

$$F = \frac{\pi D^2 (D^2 - d^2)}{4} \quad (2)$$

简化计算得公式(3):

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P \eta}} \quad (3)$$

式中, D 为气缸缸径(内径), mm; F 为气缸承受的负载, N; P 为气缸使用压强, MPa; η 为气缸的负载率, %

2 抛光机器人驱动系统

2.1 抛光机器人气动系统分析

工业机器人的驱动方式分为液压驱动、气压驱动、电力驱动和机械驱动四种。其中,气压驱动具有动力源方便获取、输出力较小、结构较简单、动作迅速等优点。抛光机器人的驱动系统由气动力源提供气体压力,通过气体压缩泵和增压器对气体增压,电磁阀控制气体通过的的压力大小,在每个气缸的进气口和出气口处安装可调的单向节流阀,通过控制进口气体的流量来控制气缸执行器的动力大小和运动速度,如图3所示。

2.3 气缸耗气量计算

气缸动作流量,公式(4):

$$Q_F = 6V_{\max} A \times 10^{-5} \quad (4)$$

式中, Q_F 为压缩状态下的流量, L/min; V_{\max} 为气缸的运动速度, mm/s; A 为气缸活塞面积, mm².

2.4 气缸最大耗气量计算

气缸的最大耗气量的计算,公式(5),可用于空气处理元件、支路管道和电磁阀的选择。

$$Q_{\max} = \frac{6(P + P_0) V_{\max} A \times 10^{-5}}{P_0} = 0.000462D^2 V_{\max} (P + 1.012) \quad (5)$$

式中, Q_{\max} 为气缸的最大耗气量, L/min; P 为使用压力, MPa; P_0 为标准大气压力, MPa.

3 气动马达转化效率

抛光机器人腕部机构是末端执行机构和小臂的连接部分, 为了实现零件表面不同部位的抛光过程, 腕部部位应事先做相应角度的旋转, 需要气动马达为腕部旋转提供动力, 腕部运动带动末端执行器, 实现零件的不同工位的加工, 气动马达的转化效率计算公式(6)。

$$\eta_0 = \frac{0.45L_s}{\frac{\gamma_N}{\gamma_1}Q_N(P_1 - P_2)} \quad (6)$$

式中, L_s 为轴功率(PS); P_1 为气动马达入口压力 (kg/cm^2); P_2 为气动马达出口压力 (kg/cm^2), Q_N 为耗气量 (Nm^3/min); γ_N 为标准状态下的空气重量 ($\gamma_N = 1.293 \text{ kg}/\text{m}^3$), γ_1 为气动马达入口处空气重量 ($\gamma_1 = 10\,000 P_1/RT_1, \text{kg}/\text{m}^3$), R 为气体常数 ($R = 29.27\text{kg} \cdot \text{m}/\text{kg} \cdot \text{K}$)。

4 机械臂驱动力研究

气缸驱动机器人手臂的驱动力不仅应考虑其在静止情况下的连杆和末端执行件的重量, 还应考虑其在运动过程中的气缸摩擦和关节摩擦所产生的阻力^[4]。在其静力情况下机械臂的受力情况如图 4 所示。

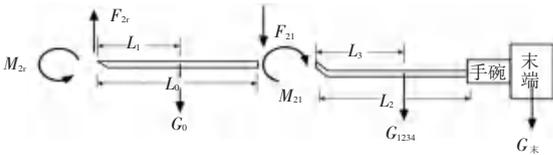


图 4 机械臂静力状态分析图

Fig. 4 Static state analysis diagram of the mechanical arm

$$\begin{cases} \uparrow F_{2r} = F_{2l} + G_0, \\ \uparrow F_{2l} = G_{1234} + G_{末}, \\ \uparrow M_{2r} = M_{2l} + F_{2r} \times l_0 + G_0 \times l_1, \\ \uparrow M_{2l} = G_{1234} \times l_3 + G_{末} \times l_2. \end{cases} \quad (7)$$

该机械臂在静力情况下受力由三部分组成, 公式(7)。第一部分是将其简化成二力杆, F_{2l} 、 F_{2r} 为两端的反力; 第二部分是 M_{2r} 、 M_{2l} , 为两端承受的力矩; 第三部分是自身所受的重力。

4.1 气缸摩擦力仿真

运用 Matlab 软件中的 simulink 模块对气缸运动过程中产生的摩擦阻力进行仿真, 如图 5 所示。运用 stribeck 模型^[7]模拟气缸运动过程中的摩擦阻力, 仿真得到其随速度变化产生的阻力曲线, 如图 6 所示。

分析图 6 曲线可知, 随着活塞运动速度的提升, 摩擦力先缓慢上升, 该过程为静摩擦过程^[8]。当活塞运动达到一定速度, 摩擦力变为库仑摩擦力与粘性摩擦力共同作用的摩擦阻力, 摩擦力会骤然上升。本文为理想化摩擦力模型, 摩擦曲线会呈直线形式上升, 当达到一定速度时, 摩擦力变化趋于平缓, 甚至会出现下降趋势。

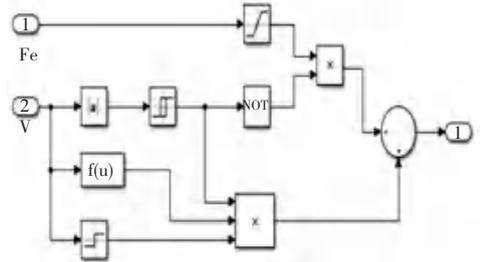


图 5 气缸摩擦力仿真图

Fig. 5 Cylinder friction simulation diagram

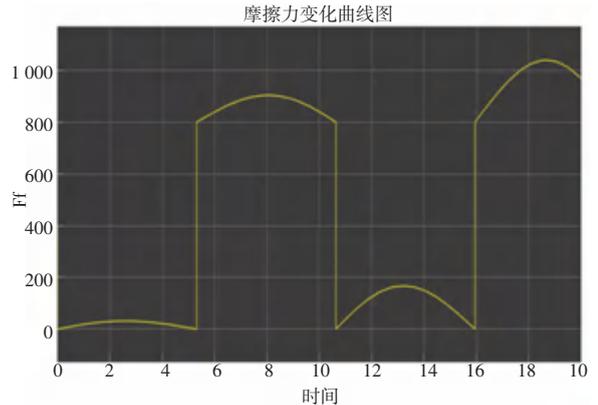


图 6 摩擦力变化曲线

Fig. 6 Friction curve

4.2 机械臂动力学仿真

运用力平衡原理将气缸的进气端压力和出气端压力的差值作为总的动力源, 与气缸运动产生的摩擦阻力, 复位弹簧产生的弹力和外部机械臂负载以及运动驱动力相等, 如图 7 所示。运用 simulink 模块对该动力学方程进行仿真, 得到该机械臂的气缸输出动力曲线如图 8 所示和加速度变化趋势如图 9 所示。

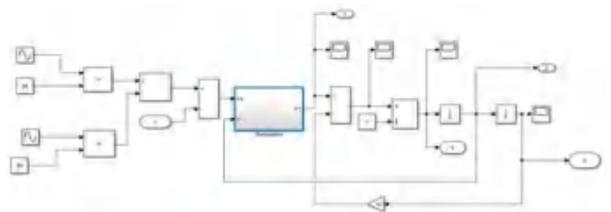


图 7 机械臂动力学仿真图

Fig. 7 Dynamic simulation diagram of mechanical arm

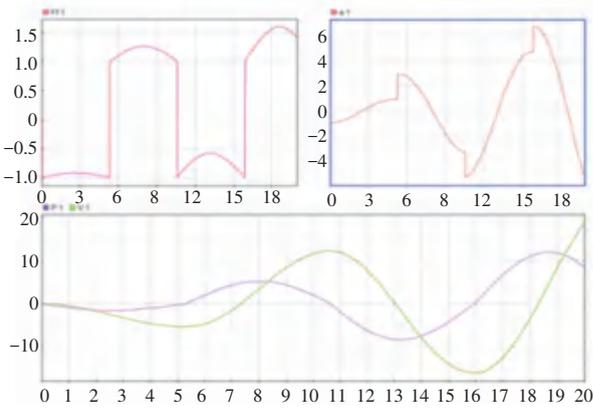


图 8 气缸输入气压及相关数据变化曲

Fig. 8 Cylinder input pressure change curve

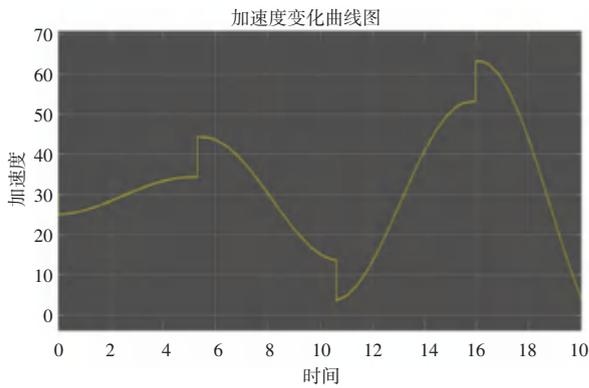


图 9 机械臂加速度变化趋势图

Fig. 9 Trend chart of acceleration mechanical arm

5 结束语

经上述分析可得:气动系统随输入端压强的阶跃型提升,活塞运动速度不断提升造成气缸摩擦阻力增加。由于摩擦阻力由静摩擦变为粘性摩擦和库仑摩擦组成的动摩擦形式,造成机械臂运动加速度改变。在忽略关节摩擦的理想情况下,机械臂会实现一段时间的匀速运动。随着气源输入不断降低,气缸驱动力减小,进而机械臂速度不断降低。实现机械臂由开始到停止的运动过程。

参考文献

[1] 万三国. 机械手抛光技术轨迹规划及其仿真研究[D]. 广州: 五邑大学, 2012.

[2] 王田苗,陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J]. 机械工程学报, 2014,2014, 59(9): 81-84.

[3] HØIER C K, SONNENBORG T O, JENSEN K H, et al. Experimental investigation of pneumatic soil vapor extraction[J]. Journal of Contaminant Hydrology, 2006, 89(1).

[4] Brian KAuge, Costas D Lallas, Paul K Pietrow, et al. In vitro comparison of standard ultrasound and pneumatic lithotrites with a new combination intracorporeal lithotripsy device [J]. Urology, 2002, 60(1).

[5] 李然,邱新桥,赵国华,等. 应用型高校《液压与气压传动》实践教学改革[J]. 轻工科技, 2018, 34(10): 171-172.

[6] 谢宇航,王保华. 基于 AMESim 的工程车辆液压传动系统建模与仿真[J]. 长春大学学报, 2018, 28(6): 15-19.

[7] 李雷永,郭阳宽,祝连庆,等. 基于 Stribeck 摩擦模型的特大齿轮在位测量中姿态调整系统的仿真研究[J]. 工具技术, 2012, 46(7): 73-75.

[8] 石广宇,曹军,刘亚秋. 基于 Stribeck 摩擦模型的 PID 控制[J]. 电子技术与软件工程, 2014(10): 190-192.

(上接第 220 页)

3 结束语

本文对豆瓣影评水军用户进行识别,通过对豆瓣网影评数据进行分析,提取了用户静态行为特征和动态行为特征,采用逻辑回归分类方法,对以上特征采用单独模型训练以及融合模型训练,以提高模型预测水军的准确率。实验证明,将提取的用户动态行为特征和静态行为特征融合进行模型训练,其对水军识别的准确率最高可达到 67.8%。

参考文献

[1] DASGUPTA A, GUREVICH M, PUNERA K. Enhanced email spam filtering through combing similarity graphs [C]//Forth International Conference on Web Search and Web Data Mining, WSDM 2011, Hong Kong, China, February. DBLP, 2011: 785-794.

[2] XU Q, XIANG E W, YANG Q, et al. SMS Spam Detection Using Noncontent Features[J]. IEEE Intelligent Systems, 2012, 27(6):

44-51.

[3] LIM E P, NGUYEN V A, JINDAL N, et al. Detecting product review spammers using rating behaviors [C]//ACM International Conference on Information and Knowledge Management .ACM, 2010: 939-948.

[4] 仲丽君. 社交网络不良言论用户识别研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2019.

[5] 胡龙茂. 基于用户行为及文本内容的垃圾评论识别研究[J]. 重庆科技学院学报, 2017, 19(5): 105-107

[6] 赵静娴. 网络交易垃圾评论智能识别研究[J]. 现代情报, 2016, 36(4): 57-61

[7] BENEVENUTO F, MAGNO G, RODRIGUES T, et al. Detecting spammers on twitter [C]// Seventh annual Collaboration, Electronic messaging, AntiAbuse and Spam Conference, CEAS 2010, Redmond, Washington, US , July 13-14, 2010: 6-12.

[8] MCCORD M, CHUAH M. Spam Detection on Twitter Using Traditional Classifiers [C]// Autonomic and Trusted Computing International Conference, ATC 2011, Banff, Canada, September 2-4, 2011. Proceedings. DBLP, 2011: 175-186.