

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2021.05.018

基于 ANSYS 的机械臂吹扫装置

范瑜, 金晓怡*, 刘双龙

(上海工程技术大学机械与汽车工程学院, 上海 201620)

摘要:为了解决机械臂对表壳外表面完成抛光后机械臂易与表壳发生粘连的问题,笔者设计了机械臂吹扫装置,并讨论了该装置2种不同进气口位置的设计方案。利用SolidWorks建立2种方案的三维模型,将其导入到ANSYS软件中,利用FLUENT模块进行流体动力学仿真分析。根据迭代计算曲线和压力分布云图,得出2种方案均可使表壳顺利脱离。通过2种方案的流迹线云图和速度矢量图进行对比分析,结果表明进气口在喷嘴正上方的装置吹扫质量更优。研究结果有助于工作人员选择合理的方案。

关键词:机械臂;吹扫装置;迭代计算曲线;ANSYS;FLUENT

中图分类号:Th138.84 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2021)05-0096-04

Simulation Analysis of Mechanical Arm Purging Device Based on ANSYS

FAN Yu, JIN Xiaoyi*, LIU Shuanglong

(School of Mechanical and Automobile Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: The mechanism arm purging device was designed to solve the problem of adhesion between the manipulator and the surface shell after polishing work, and the design scheme of two different air inlet positions of the device was discussed. The three-dimensional model of the two devices was established by using the SolidWorks, and the model was imported into the ANSYS software and the FLUENT module was used for hydrodynamic simulation analysis. According to the iterative calculation curve and the pressure distribution cloud diagram, it can be concluded that both schemes can realize the function of separating the surface shell smoothly. Through the comparison and analysis of the flow trace line cloud diagram and the velocity vector diagram of the two schemes, the result shows that the air quality of the device with the air inlet directly above the nozzle is better. The research results provide reference to help the staff to choose a reasonable plan.

Keywords: mechanical arm; purging device; iterative calculation curve; ANSYS; FLUENT

由于六轴工业机械臂具有搬运能力强、运动灵活和遥控控制好等优点,所以在现代制造业中被广泛应用于零件的制造、加工、搬运和装配等各个环节中。经过多年的更新迭代,工业机械臂已是提高机器自动化生产效率、优化员工工作条件、提高产品质量的主要工具之一^[1]。在危险工况下或者一般工况下遇到突发情况,机械臂的使用可一定程度上避免人员发生安全问题^[2]。机械臂在使用过程中,需要能精准地从物料盘中选取所需工作的物体,并要求在工作完成后放置到指定位置。手表表壳外表面抛光过程中,由于表

壳表面附着蜡,机械臂在完成抛光工作后,夹持机构收缩准备放置表壳时,会与表壳发生粘连,导致表壳无法正常脱落。这时再通过人力脱落表壳既影响零件的加工效率,也失去了使用自动化机械的初衷。因此,课题组设计了一种机械臂防粘连吹扫装置,使机械臂在加工完成后对表壳施加吹扫力,从而帮助其正常脱落。

1 防粘连吹扫装置结构设计

该防粘连吹扫装置如图1所示,主要由气管、固定夹和自制喷嘴等^[3]组成。机械臂在夹持机构样嘴收缩动作前,通过L型气动软管快插接头将气缸的压缩

收稿日期:2021-04-08;修回日期:2021-07-12

基金项目:江西省赣州市科技重大专项项目(TGS2018-01-02)。

第一作者简介:范瑜(1997),女,河北石家庄人,硕士研究生,主要研究方向为机构学。通信作者:金晓怡(1966),女,江苏常州人,教授,硕士生导师,主要研究方向为仿生机器人、机构学及摩擦学。E-mail:1151941612@qq.com

气体输送至气管内,再由与气管连接的 4 个自制喷嘴喷出,吹出的吹扫力可将表壳顺利脱离,到达指定位置。

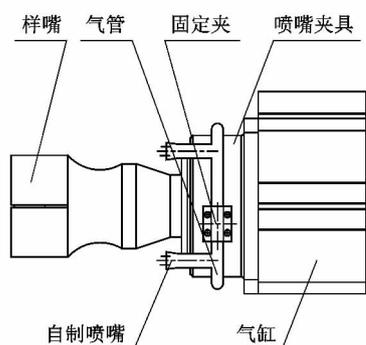


图 1 防粘连吹扫装置机构图
Figure 1 Mechanism diagram of anti-adhesion purging device

图 2 为吹扫装置中气管结构的剖面图。各个零件的选择:气管选用铜材料;喷嘴可选用 NEX FLOW 47000A 型号的微型空气喷嘴,但价格偏贵,因此用铜管自制。自制喷嘴出口处由圆管渐变成椭圆管,使得气体经过扁平喷嘴时压力增加,可达到与微型空气喷嘴同样的功效^[4]。L 型气动软管快插接头是连接气管和气腔的重要组成部分,气腔内的压缩气体经气管进入快插接头,再通过快插接头进入吹扫装置的铜管,完成送气过程。该装置气管结构的相关尺寸参数如表 1 所示。

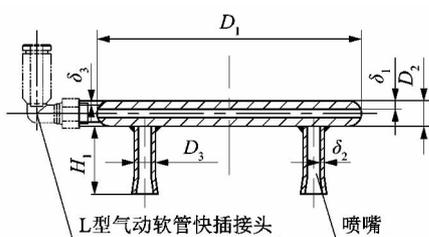


图 2 气管结构剖面图
Figure 2 Section of air tube structure

表 1 吹扫装置气管结构相关参数

Table 1 Relevant parameters of trachea structure of purging device mm

气管圆环 外径 D_1	气管 直径 D_2	自制喷嘴 直径 D_3	自制喷嘴 长度 H_1
56	6	5	17
气管壁厚 δ_1	自制喷嘴壁厚 δ_2	进气管壁厚 δ_3	
2	1	1	

2 计算方法与仿真建模

2.1 基本方程

目前,研究流体运动描述方法主要有 2 种:一种是拉格朗日分析法,即将各个质点的运动分析综合起来,研究整个流体的运动;另一种方法是欧拉法,即通过观察固定点处的流体运动研究整个空间的运动^[5]。课题组选取欧拉法测速,通过观察入口处和出口处定点的速度变化,得到压缩气体在喷嘴内的流速情况。

在 t 时刻任意压缩气体质点的各方向速度可表示为:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_x(x, y, z, t); \quad (1)$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = v_y(x, y, z, t); \quad (2)$$

$$v_z = \frac{dz}{dt} = v_z(x, y, z, t)。 \quad (3)$$

根据动量守恒,可得到该质点的瞬时速度:

$$\rho \frac{dv}{dt} = \rho F + \frac{\partial p_x}{\partial x} + \frac{\partial p_y}{\partial y} + \frac{\partial p_z}{\partial z}。 \quad (4)$$

式中: ρ 为流体的密度, kg/m^3 ; F 为流体所受的外力(在此机构中外力可忽略不计), N ; p_x , p_y 和 p_z 分别表示 x , y 和 z 方向的动量。

该喷嘴装置的能量转换效率为

$$\lambda = \frac{P_s - P_f}{P_s} \cdot C_d^2 = C_d^2 (1 - \frac{P_f}{P_s})。$$

式中: P_s 为地面喷嘴压力; P_f 为流体沿程摩阻; C_d 为喷嘴流量系数。

2.2 三维模型的建立

针对该装置进气口位置的设计,笔者提出了 2 种方案进行讨论。图 3 为进气口位于喷嘴正上方的三维模型,图 4 为进气口位于 2 个喷嘴之间的三维模型。在 2 个模型仅进气口位置不同,其余条件均相同的情况下通过对 2 个方案的仿真分析^[6],来确定该装置的最优方案。

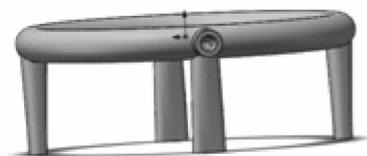


图 3 方案 I

Figure 3 Programme I

2.3 网格划分

将 SolidWorks 建好的三维模型导入到 ANSYS 软件^[7]中,利用 ANSYS FLUENT 模块对该模型的流体域

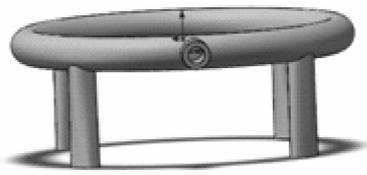


图 4 方案 II

Figure 4 Programme II

进行流体力学分析^[8]。由于喷管内部结构尺寸较为细小,因此网格划分采用较小的尺寸,网格的尺寸为 1 mm。为保证仿真的可靠性,对气管的连接处和进气、出气口进行网格加密处理^[9]。处理后的整体面网格节点为 42 440,单元为 1 396 219,网格平均质量为 0.821 99。以方案 II 为例,网格划分结果如图 5 所示。

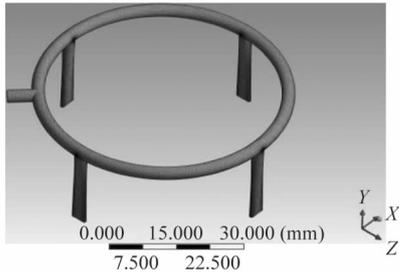


图 5 网格划分结果

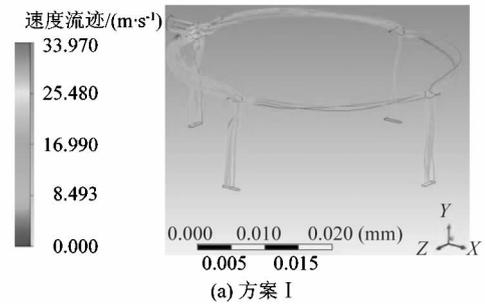
Figure 5 Gridding results

气管采用固定约束。介质为压缩空气,密度为 7.14 kg/m³。入口条件为速度入口,设定为 30 m/s,出口为自由出口,壁面条件为静止壁面。本研究以该装置平时内部流动状态为对象,暂不考虑转向、重力、振动等参数对其内部流动的影响。

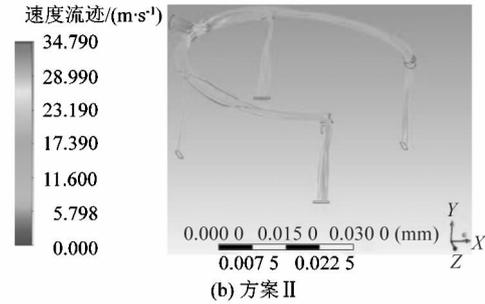
2.4 流体力学分析结果

经 FLUENT 模块仿真分析计算^[10],其结果如图 6~9 所示。

根据图 6 的流迹线云图和图 9 的速度矢量云图可知,吹扫装置进气口速度较大,气管内速度逐渐降低。根据流体力学的节流原理,当气体流经扁平喷嘴时,流束将在扁平喷嘴的出口处形成局部收缩,从而使气体流速增加,达到提速的设计目标。其中方案 I 中 4 个扁平喷嘴出口处的速度均大于 16.99 m/s;方案 II 中 4 个扁平喷嘴出口处的速度略大于方案 I,最小值为 17.39 m/s。将速度 16.99 m/s 代入公式 $Ft = \Delta mv$ 和 $m = \rho V$,得到喷嘴吹出力的最小值为 4.25 N。通过对工厂机械臂实地考察,在 0.6 MPa 的压力下使表壳顺利脱落的最小力为 1.5 N。根据图 7 的迭代曲线得出 2 种方案均可收敛。由以上分析结果,可知 2 种方案



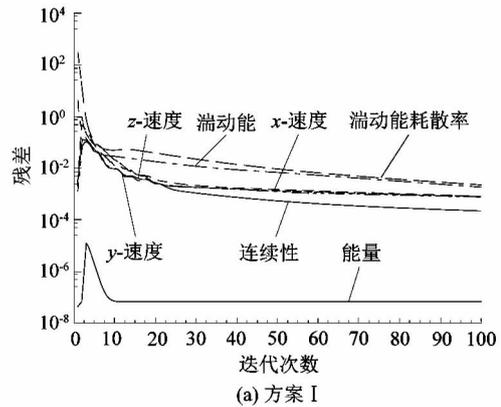
(a) 方案 I



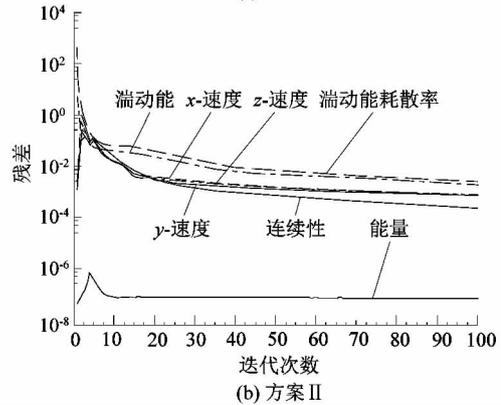
(b) 方案 II

图 6 2 种方案的流迹线云图

Figure 6 Flow trace cloud map of two schemes



(a) 方案 I



(b) 方案 II

图 7 2 种方案迭代计算曲线

Figure 7 Iterative calculation curve of two schemes

均满足要求。对比方案 I 和方案 II,发现 2 者在远离进气口的区域气流很少,流线分布稀薄,气流流速较低。不同在于,由于进气口位置的不同,方案 II 的吹扫

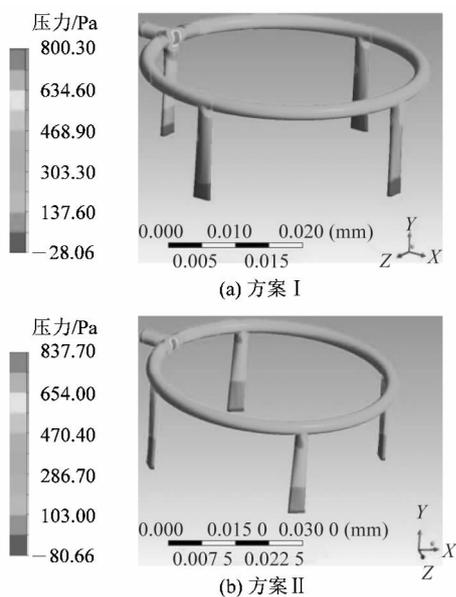


图8 2种方案压力分布云图
Figure 8 Cloud map of two schemes

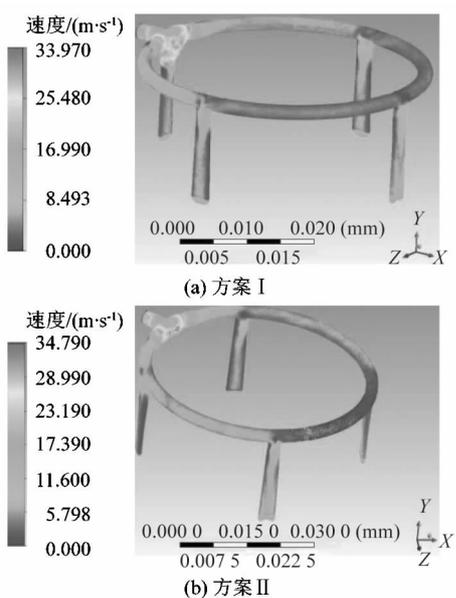


图9 2种方案速度矢量云图
Figure 9 Speed vector cloud map of two schemes

装置在远离进气口的区域几乎没有气流分布,不利于整体气压的稳定性。

根据吹扫装置气管结构的压力场云图显示,吹扫装置内部压力场随时间变化,气流进入进气口后迅速

扩散,整个流域区域内,除去进气口位置压力较高外,其余部分的压力场分布相对比较均匀,整个气管压力均小于最大工作压力 2.75 MPa。综上所述,2种方案均可实现机械臂的吹扫功能。虽然方案 II 出口处的速度相对较高,但基于整体稳定性考虑,气流分布较为均匀的方案 I 质量更优。

3 结语

笔者针对机械臂在抛光工作结束后与表壳发生的蜡粘着问题,提出了2种关于进气口位置不同的吹气装置方案。对这2种方案进行三维建模和流体动力学分析,可得到以下结论:

1) 根据2种方案的流线和速度矢量图,可得出:虽然气体在进入吹扫装置后速度有所下降,远离进气口区域气流较小,但由喷嘴出口处速度矢量可知2种方案均可使表壳顺利脱离;位于喷嘴正上方的方案整体气流分布更加稳定,吹气质量更优。

2) 根据压力分布云图可知2种方案的最大受压位置在进气口处,整个装置受力均在最大工作压力之内。

参考文献:

- [1] 赵建军. 基于机械臂的工业生产自动化[J]. 河南建材, 2020(4): 150-151.
- [2] 常家辉, 祁萌, 李良琦. 装配机器人在国外国防领域的应用进展[J]. 国防制造技术, 2018(4): 10-19.
- [3] 曹正第, 蒋兴桥, 刘荒, 等. 基于 FLUENT 的全自动激光光片机辅助喷嘴射流特性研究[J]. 中国设备工程, 2021(6): 114-116.
- [4] 王萍, 次宇轩. 小口径调节阀阀芯结构优化设计[J]. 天津职业技术师范大学学报, 2021, 31(1): 13-18.
- [5] 俞露露, 匡翠萍, 顾杰, 等. 欧拉法和拉格朗日法比较分析人工岛工程下水体交换特性[J]. 水动力学研究与进展(A辑), 2020, 35(4): 488-496.
- [6] 王晓, 杨立荣, 郭帅, 等. 基于 ANSYS 某转向液压三通管接头流体分析[J]. 汽车零部件, 2020(11): 46-47.
- [7] 毛小雨, 沙雨宁, 陶雨霖, 等. ANSYS 在流体动力学分析中的应用[J]. 广东化工, 2021, 48(1): 30-31.
- [8] 孙灿兴, 黄人豪, 楼申琦. 基于 ANSYS 的 MINISO 紧凑型二通插装阀的仿真和分析[J]. 流体传动与控制, 2014(2): 34-37.
- [9] 孙乐萌, 陈冈叶, 杨思力, 等. 基于 ANSYS 的起落架关键部件有限元分析及后处理[J]. 软件, 2020, 41(6): 164-168.
- [10] 李健, 于丽影, 张晓东, 等. 打印喷头优化设计与喷嘴有限元仿真[J]. 机床与液压, 2021, 49(4): 140-145.