

Design of Mechanical Gripper for Automation Laboratory Robots

Wei Li¹ Jialin Jin² Yiying He² Jilan Yang^{2*}

1. Anji Shipping Co., Ltd., Shanghai, 200082, China

2. School of Engineering, Sanda University, Shanghai, 201209, China

Abstract

With the rapid development of technology, robots have entered various industries and become an indispensable instrument and equipment. Given the limited number of robots used in automated laboratories, coupled with the complexity of operating environments and equipment in different laboratories, the design of robots in automated laboratories has become particularly critical. The paper uses CAD and UG software to design three highly applicable robotic arm grippers, and a laboratory robot consisting of a fixed base, a six degree of freedom robotic arm, and a mechanical gripper gripper is used to replace manual labor for some mechanical operations and dangerous experiments, achieving energy conservation, emission reduction, and green environmental protection while improving production efficiency and reducing safety hazards.

Keywords

robot; gripper; CAD; automated laboratory

自动化实验室机器人用机械抓手的设计

李伟¹ 金嘉琳² 何奕滢² 杨继兰^{2*}

1. 安吉航运有限公司, 中国·上海 200082

2. 上海杉达学院工程学院, 中国·上海 201209

摘要

随着科技的飞速发展, 机器人已走入各行各业, 成为不可或缺的仪器设备之一。鉴于应用于自动化实验室的机器人较少, 加之不同实验室的操作环境和仪器设备的复杂性, 使得自动化实验室机器人的设计变得尤其关键。论文采用CAD和UG软件设计了三款适用性较强的机械手夹持器, 并由固定底座、六自由度机械臂和机械抓手夹持器组成了实验室机器人, 以取代人工进行一些机械式操作和具有危险性的实验, 在提高生产效率、降低安全隐患的同时达到节能减排、绿色环保。

关键词

机器人; 抓手; CAD; 自动化实验室

1 引言

随着科技的快速发展, 机器人在许多领域中得到广泛应用, 包括汽车制造、机械加工、医疗保健、电工电子、食品加工等^[1]。应用机器人操作可以大幅度提高生产效率、降

低劳动力成本, 并且可以在一些危险或重复性高的任务中取代人工, 大大保障了工作场所和工作人员的安全性。文献表明, 目前国内外对机器人的研究应用较多, 但应用于自动化实验室的机器人较少。特别是涉及高温高压、强腐蚀性或极端条件下的实验的时候, 大多还是人工操作, 一是人为操作误差较大, 重复率较低, 劳动效率较低; 二是腐蚀性溶液或物质可能在使用过程中对人体产生危害, 给实验人员带来不可预知的潜在危险; 三是由于实验室内存在各式各样、材质不同的容器或物品, 这给同一类型的机械抓手的实际使用带来巨大的挑战^[2]。

为此, 本研究课题设计了多款机械手夹持器, 便于夹取不同类型的物体或器件, 夹取力可调节, 易锁紧, 夹持平稳防滑, 主要从夹头个数、夹头结构和机械臂设计等几个方面进行了创新。

【基金项目】上海杉达学院大学生创新创业训练计划项目、上海杉达学院科研基金项目(项目编号: 2023ZD05)和校级重点课程建设项目《一起探秘身边的材料世界》(项目编号: 2023ZD05A020201.23)资助。

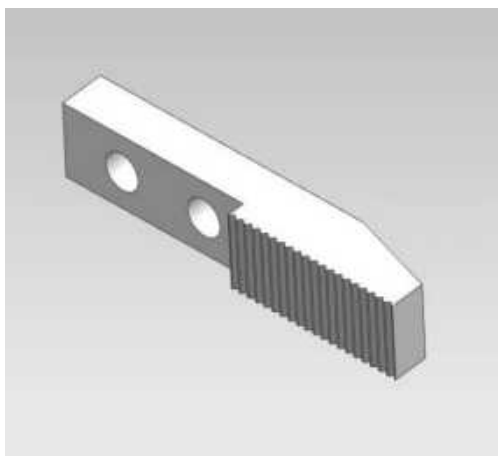
【作者简介】李伟(1984-), 男, 中国山东临沂人, 硕士, 工程师, 从事船舶设计和监理等研究。

【通讯作者】杨继兰(1987-), 女, 中国山东临沂, 博士, 讲师, 从事机械电子工程及智能材料研究。

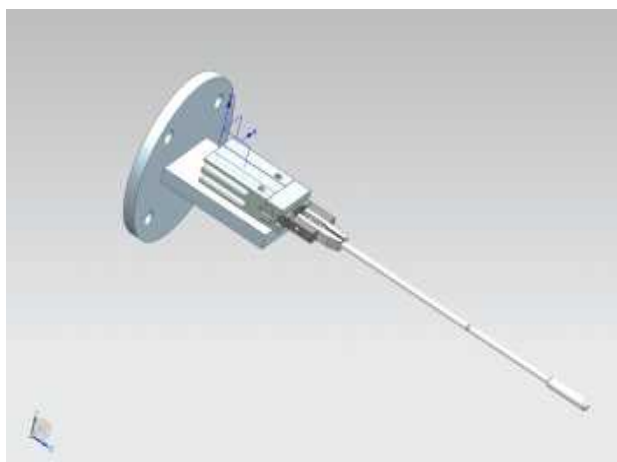
2 机械抓手夹持器的优化设计

目前市场上的夹子多以两爪夹头为主，如夹取物品表面光滑或尺寸形状不规则，由于机械手的手爪与被夹取物品的接触面积小或摩擦系数较小，则会出现夹持物品不稳定，容易向某一边倾倒；或由于接触面积小导致物品的受力面积小，若夹持器为坚硬材质，则容易损坏被夹持物品等情况。针对上述情况，本课题设计针对市面常见的两爪进行了改进优化，具体有如下三种方案。

第一种是将夹持器部分改为带有沟槽的平行两爪，如图1(a)所示，增大了抓手与夹持物体的摩擦力，利于夹取光滑物件。夹持器A主要由机械手爪安装法兰、气动三爪卡盘、信号检测开关、平行式气动夹爪、玻璃棒组成，如图1(b)所示。平行夹爪由单活塞驱动，轴心带动曲柄，两片爪片上各有一个相对应的曲柄槽，爪片与本体连接为钢珠滑轨结构，两爪抓取采用气缸，通过气缸的带动机械抓手的张开和闭合^[1]。这类抓手适合夹取实验室用的比如咽拭子、玻璃棒、移液吸管和刻度吸管等细长类和或具有光滑表面的物件如玻璃烧杯等，可进行溶液配制、混合和搅拌等工作。



(a)



(b)

图1 平行两爪夹持器 A

第二种改进方式是改为带有一定圆弧状的抓手，如图2所示，这类抓手适合夹取实验室常用的各种型号的烧杯、试管、试剂瓶和烧瓶等圆柱类物件，主要进行液体存储、转移和放置等工作。



图2 弧度两爪夹持器 B

第三种改进方式是变为三爪夹持器，如图3所示。机械爪C采用三点式夹爪，结构相对复杂，其内部含有空气分配环、活塞、楔形块、爪子等结构。三个楔形块的一面为齿条结构，与中间的齿轮相互啮合，而且在竖直的面上有一个楔形槽，楔形槽与卡爪相连接，三个楔形块都和中间的一个转动槽啮合，通过气缸，带动转动进行旋转运动，转动槽的旋转运动带动三个楔形块进行作用移动，楔形块的左右移动带动机械卡爪的在同一平面内沿着特定的轨道进行前后移动，从而完成抓取^[4]。这类抓手除了满足夹持器A的作用外，还可夹取实验室常见的小号物件，如样品瓶、容量瓶和玻璃塞等，还可以进行打开和拧紧瓶盖等工作。

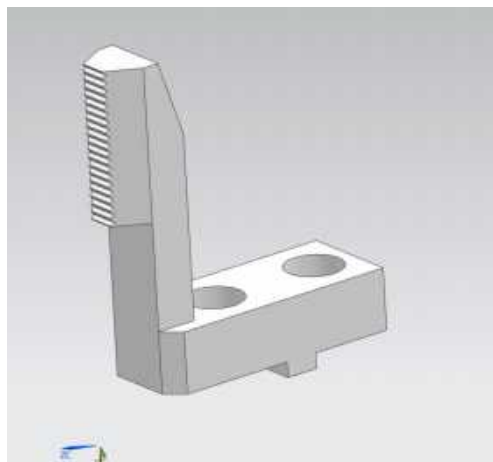


图3 三爪夹持器 C

以上三种不同类型的夹持器根据适用方式和场景，可以满足自动化实验室简单、重复、机械式的一些操作规程，同时也对一些易腐蚀、易污染的试剂比较友好，同时极大地提高了科研工作者的劳动效率，特别是对于探索性实验的尝试。

3 机械臂的优化设计

机械臂的设计也是机器人设计的一个关键环节,机械臂的结构设计和布局会对机器人的力学性能和使用性能产生巨大的影响。通过对机器人功能性的分析,机械臂的设计主要包括自由度、负载、速度和精度等参数的设置^[5]。考虑到实验室环境空间的复杂性、实验操作的灵活性以及适用对象的种类繁多性等,需要机械臂的移动方式和位置也不同。本课题选择六自由度机械臂,在使用的过程中,可灵活面对多种姿态,便于实验室机器人在不同的场合和方位进行工作。

机械臂的负载,考虑到实验室机器人末端的负载大多为玻璃制品,但长度形状各异,所以在负载的设计上,机械臂的负载采用重量稍重的设计,有效负载设为 5kg,总体重量约为 19kg。

机械臂的速度,机械臂的速度是设计机械臂的一个重要环节,需要综合考虑机械臂的加速度和速度的关系,不一样的速度往往会产生不同的效果,例如在机械臂的移动过程中,采用加速度数值较大,就会导致,机械臂的强度和刚度以及其他的力学性能降低。同时,对于机械臂的速度变化过程是一个先加速,然后进行匀速,然后进行一个减速三个过程。在一个完整的机械臂移动时间内,加速时间和减速时间是占总时间最大的,在设计机械臂的速度的时候,要综合考虑其速度、加速度、时间三者的关系。

机械臂的精度也是研究机械臂的另一个关键问题,对于实验室机器人来说,其精度也很重要,特别对于移取体积质量较低的溶液时,如机械臂精度过低,容易造成机械臂移动过大,溶液可能洒出造成实验误差过大或发生意外事故。

通过以上分析,最终确认实验室机器人的机械臂的各项参数,如表 1 所示。

表 1 实验室机器人的机械臂的各项参数

自由度	6
整体重量	19kg
负载	5kg
重复定位精度	±0.1mm
回转角度	360°
最大速度	1m/s
关节范围	(-360, 360)
防护等级	IP 54

根据实验室机器人所需完成的功能,确定了机械臂各个部分的尺寸,得到六自由度机械臂的整体布局,如图 4 所示。选用额定转速 3000r/min、额定功率 200W 的伺服电机和 RV 减速器分别对机械臂的各个关节进行控制,对各个关节进行力学分析。RV 减速器是机械臂中常见的减速器,具有传动精度高、传递效率高、结构紧凑等优点,在重量上,RV 减速器的重量很轻,抵抗冲击的能力很强,扭矩大,能够适应高精度的场合。此外,RV 减速器更重要的优势是震动小,这对于实验室机器人来说是非常重要的。



图 4 三爪夹持器 C 的实验室用机器人

4 实验室机器人的设计

将六自由度机械臂、三爪夹持器 C、主固定座和各种固定件组成三爪实验室机器人 C,如图 4 所示。其中,大拉杆和横拉杆保证了机器人在运动时的可伸展性,用长度不同的销钉可以保证各个位置的稳定性,链接部件很好地使得机械手爪与机械臂结合起来,螺杆部件使得整体机械手可以做机械运动,手爪适合抓取实验室内各种型号各种形状的器件,保证了实验室机器人的多功能性,使用连接板和链接进行机械运动也保证了机器人的使用可靠性。实验室机械臂和底座是通用的,根据实验要求可更换三款不同的机械抓手夹持器,满足实验室不同场合不同类型的要求,拓展应用范围。

5 结论

机械抓手是影响机器人进行抓取试样的关键部位。本课题结合现有机器人的构造,设计出三款适合自动化实验室机器人的前端抓手夹持器,在机械爪的设计上,三种机械抓手分别采用了两爪和三爪抓取的气动手指,三爪通过楔形块的左右移动来抓取物体,而两爪抓取采用气缸,通过气缸的带动机械抓手的张开和闭合。通过设计不同款式的机械抓手夹持器,拓展了实验室机器人在面对不同实验要求的应用范围,以代替人工操作,在提高实验效率的同时最大限度地减少安全隐患,保障实验人员的安全性。论文的研究成果期望能为发展未来自动化实验室提供一些思路和想法。

参考文献

- [1] 石征,吴难.浅析人工智能背景下机器人的发展前景和趋势[J].企业科技与发展,2018(6):84-85.
- [2] 杨建磊.国外机器人教育的发展及启示[J].艺术科技,2013,26(6):296.
- [3] 杨瑞香.环境监测实验室的安全与管理浅探[J].科技致富向导,2014(4):105-109.
- [4] 赵赤鸿,武桂珍.实验室安全管理对策浅探[J].中国公共卫生管理,2008,24(3):321-323.
- [5] H Ning, L C Sheng, W L Feng. Intelligent monitoring-based safety system of massage robot[J]. 2016,23(10):2647-2658.