

遥控气动肌肉驱动仿人机械手的实验研究

刘 爽, 金英子, 朱红亮, 王 阶

Experimental Study of Remote Control Humanoid Manipulator Actuated by Pneumatic Muscle

LIU Shuang, JIN Ying-zi, ZHU Hong-liang, WANG Jie

(浙江理工大学, 浙江 杭州 310018)

摘 要: 该文以气动肌肉为驱动器, 设计了一个六自由度的仿人机械手, 实现机械手的红外遥感控制, 搭建机械手的实验平台, 提出气动肌肉输出位移与关节转动角度的关系, 得到气动肌肉仿人机械手关节的实测运动曲线, 并与机械手关节运动的理论曲线进行对比分析。实验表明, 该仿人机械手在气动肌肉输出位移小于 41 mm 时能较好实现人肘关节和腕关节的柔顺运动。

关键词: 气动肌肉; 仿人机械手; 遥控; 实验

中图分类号: TH138 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2009)12-0012-04

0 引言

气动人工肌肉驱动器(Pneumatic Muscle Actuator, 简称 PMA), 也称橡胶驱动器^[1], 具有结构简单、紧凑, 动作平滑, 响应快, 输出力/自重比很高, 柔顺性好等特点, 大量用于仿人机器人手臂、灵巧手等柔性装置和防爆等危险场合的行走机构的关节驱动^[2]。

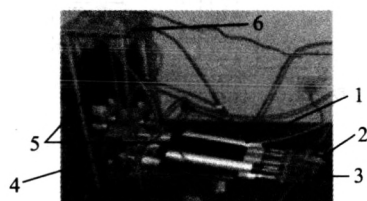
机械手的控制技术是机械手的核心部分, 也是影响机械手性能的关键部分之一^[3]。采用红外技术可以远距离操控气动肌肉驱动仿人手臂, 进行具有危险性的工作, 如灾后救援、清理等, 从而保证了操作员的安全。红外通信就是红外技术实现两点间的近距离通信和信息转发, 一般有红外发射和接收系统两部分组成。红外通信一般采用红外波段内的近红外线, 波长在 $0.75\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$ 之间。

本文以气动人工肌肉为驱动装置, 研制了 1 个六自由度气动肌肉驱动仿人机械手, 可以实现旋转等仿人手臂动作。为了遥控控制机械手操作挖掘机等灾后救援机械, 利用红外技术对机械手进行遥感控制, 并搭建机械手实测平台进行实验分析。

1 气动肌肉驱动仿人机械手的基本结构

气动肌肉驱动仿人机械手如图 1 所示。

结合气动人工肌肉的驱动特性, 气动肌肉驱动仿人机械手以 2 个 4 自由度 4-SPU/PS 并联机构作为驱动关节, 其结构形式如图 2 所示。



1. 位移传感器 2. 角度传感器 3. 腕关节 4. 肘关节
5. 气动人工肌肉 6. 机械手固定平台

图 1 机械手实物

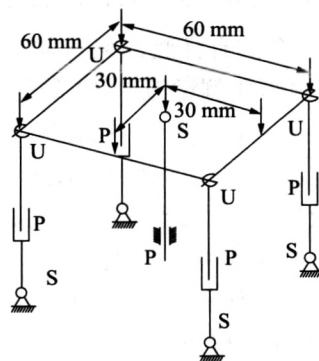


图 2 并联机构关节

如图 3 所示, 当 a 和 b 两组气动人工肌肉充入不同压力的压缩空气时, 并联机构的平台就会发生转动 (如图 3 中虚线所示)。

收稿日期: 2009-6-17

作者简介: 刘爽(1985—), 男, 吉林辽源人, 硕士, 主要从事机械电子方面的研究工作。

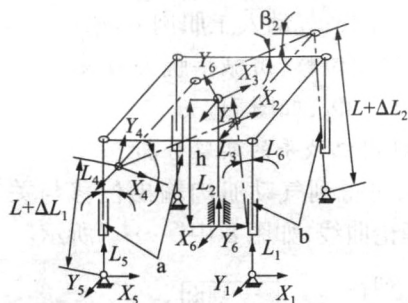


图3 并联机构运动简图

其中, L 为各分支杆件的原长, ΔL_1 和 ΔL_2 为气动人工肌肉内充入不同压力后的各分支杆件的长度变化量, α_1 、 α_2 、 β_1 和 β_2 是各个构件偏转的角度, θ 为活动平台转动角度。

经推导, 得出活动平台的转动角度, 气动人工肌肉输出位移和杆件长之间的数学关系式 1:

$$(L + \Delta L_2)^2 - (L + \Delta L_1)^2 = 3600 \sin^2(\theta) + 1200 \sin(\theta) \sqrt{(L + \Delta L_1)^2 - 900(\cos(\theta) - 1)^2} \quad (1)$$

2 气动肌肉驱动仿人机械手的红外遥感控制

为实现对机械手的远距离遥控控制, 本文采用红外遥感控制技术。红外遥控器通过单片机与计算机的串口通讯, 实现对机械手的无线控制。红外通讯系统采用 8051 单片机和 HT6221 遥控器芯片。

HT6221 遥控器芯片的工作电压为: 1.8 V ~ 3.5 V, 具有 16 位地址码和 8 位数据码。当一个键按下超过 36 ms, 振荡器使芯片激活, 如果这个键按下且延迟大约 108 ms, 这 108 ms 发射代码由一个起始码 9 ms, 一个结果码 4.5 ms, 低 8 位地址码 9 ms ~ 18 ms, 高 8 位地址码 9 ms ~ 18 ms, 8 位数据码 9 ms ~ 18 ms 和这 8 位数据码的反码 9 ms ~ 18 ms 组成。如果键按下超过 108 ms 仍未松开, 接下来发射的代码(连发代码)将仅由起始码 9 ms 和结束码 2.5 ms 组成。其代码格式(以接收代码为准, 接收代码与发射代码相反)如图 4 所示。

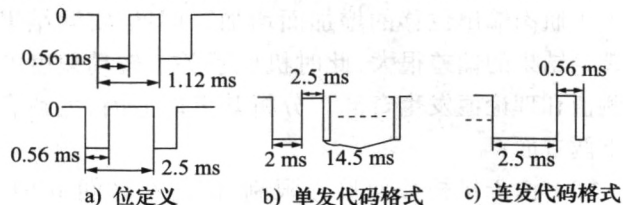


图4 HT6221 遥控器芯片的代码格式

HT6221 解码的关键是识别 0 和 1, 由位的定义可知 0 和 1 均以 0.56 ms 的低电平开始, 但高电平的宽度不同, 即“0”为 0.56 ms, “1”为 1.68 ms, 所以必须根据高电平的宽度区别“0”和“1”。如果 0.56 ms 低电

平过后, 开始延时, 0.56 ms 以后, 若读到的电平为低, 说明该位为“0”, 反之则为“1”, 为了可靠起见, 延时必须比 0.56 ms 长些, 但又不能超过 1.12 ms, 否则如果该位为 0 读到的已是下一位的高电平, 因此取 $(1.12 \text{ ms} + 0.56 \text{ ms})/2 = 0.84 \text{ ms}$ 最为可靠, 一般取 0.84 ms 左右。

如图 5 所示, 主控制单元为单片机 AT8051, 中断口 INT0 跟红外接受管相连, 接收红外信号的脉冲, MAX232 为和计算机串行口 RS232 相连的电平转换芯片, 9、10 脚分别与单片机的 1、2 脚相连, (1 脚为串行接收, 2 脚为串行发送), MAX232 的 7、8 脚分别接计算机串行口的 2(接收脚)、3(发送脚)。单片机晶振采用 11.0592 MHz, 使通讯的波特率达到 9600 b/s。

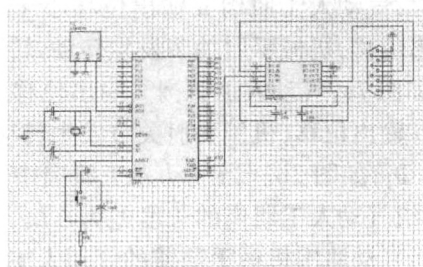


图5 单片机红外控制电路原理图

图 6 为单片机红外遥控控制流程, 采用中断后沿负跳有效方式采集遥控器是否有信号输出。当遥控器有信号输出时, 首先检验地址码是否正确, 如果正确就接受数据并进行数据处理。

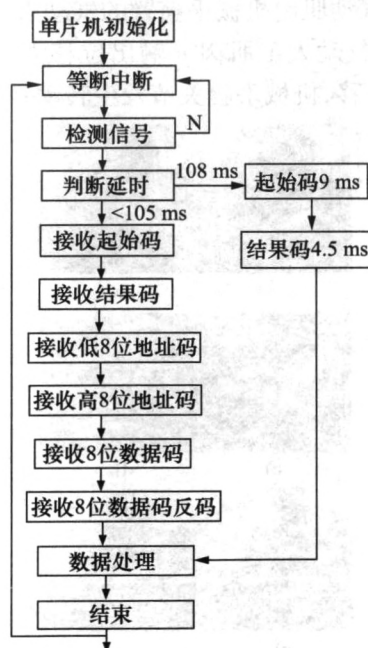


图6 红外控制流程图

利用单片机与计算机之间的串口通讯,可建立遥控器与数据采集卡的联系,从而实现遥控器对气动肌肉机械手的控制。

3 气动肌肉驱动仿人机械手的实验研究

3.1 气动肌肉机械手的典型工作状态

红外遥控气动肌肉机械手工作时,4 根并联肌肉中每 2 根相对的肌肉为 1 组,红外控制板上的按键每按下 1 次,每组气动肌肉内将增加或减少相应的气压。控制气动肌肉内部为不同压力时,气动肌肉会驱动机械手关节输出不同的角度位移。

如图 7 所示,当调节机械手各组气动肌肉内部压力为不同值时,可以得到以下几种典型的工作状态:

(1) 当气动肌肉机械手上臂的气动人工肌肉处于工作状态时,气动人工肌肉 a 输出位移小于气动人工肌肉 b 输出位移,机械手肘关节发生转动,转动角度为 $\Phi_0 - 90^\circ$,如图 7a;气动人工肌肉 a 输出位移大于气动人工肌肉 b 输出位移,机械手肘关节发生转动,转动角度为 $90^\circ - \Phi_1$,如图 7b。当气动人工肌肉中充入压缩空气时,两组气动人工肌肉的长度差为 ΔL 。

(2) 当气动肌肉机械手前臂的气动人工肌肉处于工作状态时,气动人工肌肉 c 输出位移大于气动人工肌肉 d 输出位移,机械手腕关节发生转动,转动角度为 $\Phi_2 - 90^\circ$,如图 7c;气动人工肌肉 c 输出位移量小于气动人工肌肉 d 输出位移量,机械手腕关节发生转动,转动角度为 $\Phi_3 - 90^\circ$,如图 7d。

(3) 当气动肌肉机械手前臂的气动人工肌肉处于工作状态时,气动人工肌肉 e 输出位移大于气动人工肌肉 f 输出位移,机械手腕关节发生转动,转动角度为

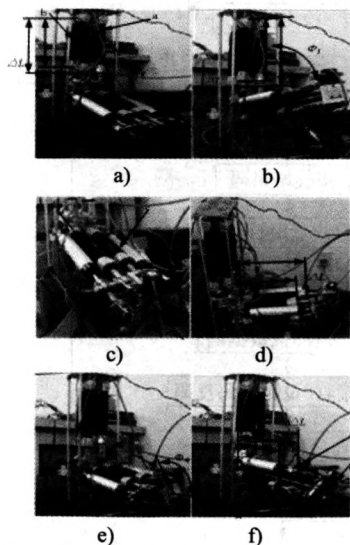


图 7 气动肌肉机械手工作状态

$\Phi_4 - 90^\circ$,如图 7e;气动人工肌肉 e 输出位移小于气动人工肌肉 f 输出位移,机械手腕关节发生转动,转动角度为 $90^\circ - \Phi_5$,如图 7f。

3.2 气动肌肉机械手的实验分析

由式 1,可得到气动肌肉输出位移与关节转动角度关系的理论曲线,如图 8 中“……”所示。

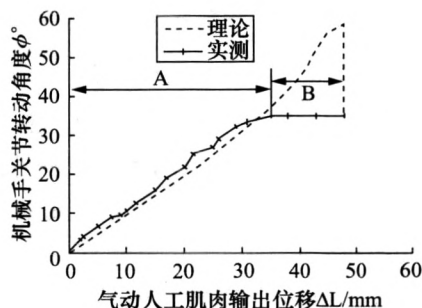


图 8 气动肌肉输出位移与关节转动角度关系的理论曲线和实测曲线

机械手实验时,通过控制界面调节机械手关节的两组气动人工肌肉,使其中一组处于初始状态,逐渐增加另一组的内部压力。由角度传感器检测机械手关节的转动角度,位移传感器检测气动人工肌肉的输出位移,得出气动人工肌肉的输出位移和关节转动角度之间的实测曲线,如图 8 中“——”所示。

图 8 区间 A 中,根据实测曲线和理论曲线可知,当气动人工肌肉输出位移相同时,实测得到关节转动角度和式 1 计算得到的理论转动角度存在一定的偏差,造成偏差的主要原因是由于在机构加工、机构装配、实测等过程中会产生一定的误差。但在此区间内,机械手关节转动角度实测曲线和理论曲线变化趋势基本是相同的,偏差较小。

图 8 区间 B 中,根据实测曲线可知,气动人工肌肉输出位移增加时,机械手关节转动角度基本没有变化,由理论曲线可知,机械手关节转动角度仍然随着气动人工肌肉输出位移的增加而增加。可见,实测结果和理论结果的偏差很大,此时机械手关节转动角度的实测值和理论值发生奇异。分析其可能原因,大致有以下两方面:

(1) 由于机构几何尺寸限制,使得在区间 B 中,关节转动角度的理论曲线和实测曲线产生很大偏差。为了分析机构几何尺寸的影响,应用 UG 对机械手关节进行运动仿真,如图 9 所示。图中 a 和 b 为驱动关节的 2 组气动人工肌肉的输出位移。在仿真过程中,关节的转动角度会达到某个最大值,即构件 c 和关节

3 t 电液锤液压系统设计

袁祖强, 倪受东

The Design on Hydraulic System of 3 t Electro-hydraulic Hammer

YUAN Zu-qiang, NI Shou-dong

(南京工业大学 机械工程学院, 江苏 南京 210009)

摘 要:针对 3 t 电液锤工况要求, 设计了以蓄能器、插装阀和气缸为主要元件的 3 t 电液锤液压系统。系统具有恒压、大流量、打击能量大、结构简单等特点。实践证明, 系统工作可靠、节能环保, 完全满足锻压加工生产的要求。

关键词:电液锤; 液压系统; 设计

中图分类号: TH137 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2009)12-0015-02

1 引言

我国研制电液锤始于 20 世纪 70 年代, 与传统的蒸汽-空气锤相比, 电液锤的能源利用率高, 辅助设备安装简便、合理, 故蒸汽-空气锤改造成电液锤已成必然趋势^[1,2]。

3 t 电液锤是大型锻件的重要加工设备。本文就 3 t 电液锤的工作原理作一简单介绍, 重点阐述 3 t 电液锤液压系统的设计和实现。

2 3 t 电液锤工作原理简介

图 1 为 3 t 电液锤系统工作原理图。系统主要有电机泵组、蓄能器、换向阀、快速放液阀组、锤头、主缸及油箱等组成。工作方式为主缸上气下液。工作过程: 泵供液通过手动换向阀给主缸供液, 从而提升锤头

收稿日期: 2009-09-10

作者简介: 袁祖强(1958—), 男, 上海人, 副教授, 主要从事机电液一体化方面的教学和科研工作。

因素也在一定程度上影响实测结果的准确性, 导致实测曲线和理论曲线产生偏差。

4 结论

本文以气动肌肉为驱动器, 借鉴人手臂运动方式, 研制了一个基于气动肌肉的仿人机械手。利用红外遥感技术实现了对机械手的远距离遥控控制, 实验分析了气动肌肉输出位移与关节转动角度关系的理论曲线与实测曲线产生奇异的原因。实验表明, 气动肌肉驱动仿人机械手能较好地实现人手肘关节和腕关节的柔顺运动, 它在危险作业环境等领域具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 彭光正, 等. 一种气动人工肌肉驱动的七自由度仿人手臂的设计[J]. 液压与气动, 2007(1): 1.
- [2] 范伟, 等. 气动人工肌肉驱动器的研究现状及发展趋势[J]. 机床与液压, 2003(1): 32-36.
- [3] 王涛. 主从遥控机械手从手端驱动控制[D]. 长春: 吉林大学, 2006.

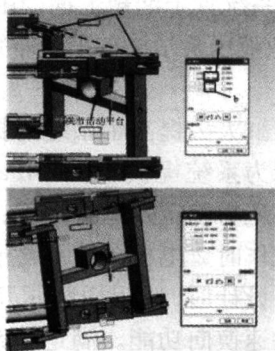


图 9 机械手关节运动仿真

活动平台在一条直线上, 气动肌肉的输出位移为 41 mm。此时如果继续增加气动肌肉输出位移, 而关节转动角度却没有增加, 则关节运动仿真进入死循环无法继续进行。由仿真结果可得: 由于关节机构的几何尺寸限制, 当气动肌肉输出位移约 41 mm 时, 关节机构仿真进入死区。所以机构几何尺寸的限制有可能引起实测曲线和理论曲线产生奇异;

(2) 机构加工误差、实验台测试误差、装配误差等