



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107322589 A

(43)申请公布日 2017. 11. 07

(21)申请号 201710576573.2

(22)申请日 2017.07.14

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 王永泉 温坤 陈花玲 徐晓亮  
魏东 李宗奇

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200

代理人 王霞

(51)Int.Cl.

B25J 9/14(2006.01)

B25J 9/16(2006.01)

B25J 13/06(2006.01)

A61B 34/30(2016.01)

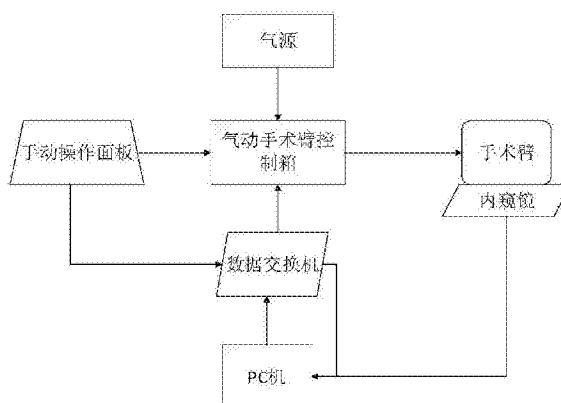
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

### (54)发明名称

一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统

### (57)摘要

本发明公开了一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,属于柔性机器人控制领域。包括柔性手术臂、图像采集装置、气动手术臂控制箱、数据交换机、气源、手动操作面板及PC机;其中,图像采集装置、PC机及数据交换机构成上层控制单元,气源、手动操作面板及气动手术臂控制箱构成下层控制单元;下层控制单元能够独立控制手术臂工作或接受上层控制单元的反馈信息后控制柔性手术臂工作。该控制系统结构设计合理,能够提高柔性手术臂的控制精度,减少由于柔性手术臂自身不对称导致的扭曲与偏转。



1. 一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,包括柔性手术臂、图像采集装置、气动手术臂控制箱、数据交换机、气源、手动操作面板及PC机;其中,图像采集装置、PC机及数据交换机构成上层控制单元,气源、手动操作面板及气动手术臂控制箱构成下层控制单元;

气源与气动手术臂控制箱相连,气动手术臂控制箱的气压输出端与柔性手术臂的气腔相连,手动操作面板与气动手术臂控制箱电连接;图像采集装置设置于柔性手术臂末端,图像采集装置的输出端与PC机的输入端相连,PC机与数据交换机交互;数据交换机与气动手术臂控制箱电连接;

下层控制单元能够独立控制手术臂工作或接受上层控制单元的反馈信息后控制柔性手术臂工作。

2. 根据权利要求1所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,当下层控制单元能够独立控制手术臂工作时:

手动操作面板的电信号输出端通过网络传输至数据交换机,由数据交换机传递给气动手术臂控制箱控制柔性手术臂完成动作。

3. 根据权利要求1所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,当下层控制单元接受上层控制单元反馈信息后工作时:

PC机用于接收图像采集装置采集的视觉信号,分析处理后传给数据交换机,再传输给气动手术臂控制箱,由气动手术臂控制箱完成对柔性手术臂的调节控制。

4. 根据权利要求1所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,气动手术臂控制箱包括PLC控制器、电空比例阀、真空发生器及二位三通电磁阀;

PLC控制器分别与电空比例阀及真空发生器相连,PLC控制器用于将接收的来自手动操作面板的电信号传输至电空比例阀控制输出气压大小,传输至真空发生器以产生小于标准大气压的气压;

电空比例阀与气源的气管相连,能够通过电压信号调节气管中的气压大小;电空比例阀通过二位三通电磁阀与外界相连;真空发生器与气源相连,能够将气流由正压转为负压。

5. 根据权利要求4所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,PLC控制器中包括数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块及模拟量输出模块;

来自手动操作面板的电信号分别传输至数字量输入模块和模拟量输入模块,分别得到数字信号和模拟信号;

数字量输出模块将数字信号传输至二位三通电磁阀用于控制气路的开闭;

模拟量输出模块将模拟信号传输至电空比例阀用于控制正负气压大小。

6. 根据权利要求5所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,还包括用于显示图像采集装置采集的实时图像的视频显示模块,视频显示模块与PC机相连。

7. 根据权利要求6所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,PC机中设有图像处理模块,图像处理模块将图像采集装置采集的实时图像分析处理后,确定目标点位置信息后进行补偿处理,再通过网络将产生的补偿信号传输至数据交换机,由数据交换机将目标点在图像中的位置信息传输给PLC控制器中的模拟量输入模块,输入用于描述目标点位置的信号,完成对柔性手术臂的自主导航调节。

8. 根据权利要求5所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,PC机能

够与下层控制单元交互将补偿信号直接输入PLC控制器的、模拟量输入模块,用于完成手动操作的补偿调节。

9.根据权利要求1~8中任意一项所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,所述图像采集装置为内窥镜或摄像头。

10.根据权利要求1~8中任意一项所述的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,其特征在于,还包括与气源相连的减压阀,用于控制气源输入压力的大小并显示输入气压。

## 一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于柔性机器人控制领域,其中涉及一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统。

### 背景技术

[0002] 柔性机器人近些年一直是研究的热门,柔性手术臂更是研究的热点,相较于传统刚性手术臂,柔性手术臂可以在狭小的空间内变形,适应多变的人体腔道环境,更由于本身材料柔软,安全性能相对更高。然而,由于其本身刚度较低,精确的控制成为一大问题,需要根据实时工作情况调节柔性手术臂的工作姿态。

[0003] PLC控制器作为底层控制器,能够设置不同类型产品的工位数量及位置参数,并能够在线监控运行过程,兼容性高,安全性能高,抗干扰能力强,可以最为稳定的控制单元,在工业上有十分广泛的应用。

[0004] 应用内窥镜的视觉控制系统,其特点是:相机本身不需要有较高的集成度,通过PC机对图像信息进行处理,而且由于PC机外置于机械臂外节省空间,而且计算能力强,可以快速反馈图像信号。

[0005] 现有的气动控制系统都是开环的控制,所控制的柔性机器人精度都不高,并未着重提高精度,有进行建模分析柔性机器人运动效果都不理想,无法实时精确的调整运动状态。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,该控制系统结构设计合理,能够提高柔性手术臂的控制精度,减少由于柔性手术臂自身不对称导致的扭曲与偏转。

[0007] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0008] 本发明公开的一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,包括柔性手术臂、图像采集装置、气动手术臂控制箱、数据交换机、气源、手动操作面板及PC机;其中,图像采集装置、PC机及数据交换机构成上层控制单元,气源、手动操作面板及气动手术臂控制箱构成下层控制单元;

[0009] 气源与气动手术臂控制箱相连,气动手术臂控制箱的气压输出端与柔性手术臂的气腔相连,手动操作面板与气动手术臂控制箱电连接;图像采集装置设置于柔性手术臂末端,图像采集装置的输出端与PC机的输入端相连,PC机与数据交换机交互;数据交换机与气动手术臂控制箱电连接;

[0010] 下层控制单元能够独立控制手术臂工作或接受上层控制单元的反馈信息后控制柔性手术臂工作。

[0011] 优选地,当下层控制单元能够独立控制手术臂工作时:

[0012] 手动操作面板的电信号输出端通过网络传输至数据交换机,由数据交换机传递给

气动手术臂控制箱控制柔性手术臂完成动作。

[0013] 优选地,当下层控制单元接受上层控制单元反馈信息后工作时:

[0014] PC机用于接收图像采集装置采集的视觉信号,分析处理后传给数据交换机,再传输给气动手术臂控制箱,由气动手术臂控制箱完成对柔性手术臂的调节控制。

[0015] 优选地,气动手术臂控制箱包括PLC控制器、电空比例阀、真空发生器及二位三通电磁阀;

[0016] PLC控制器分别与电空比例阀及真空发生器相连,PLC控制器用于将接收的来自手动操作面板的电信号传输至电空比例阀控制输出气压大小,传输至真空发生器以产生小于标准大气压的气压;

[0017] 电空比例阀与气源的气管相连,能够通过电压信号调节气管中的气压大小;电空比例阀通过二位三通电磁阀与外界相连;真空发生器与气源相连,能够将气流由正压转为负压。

[0018] 优选地,PLC控制器中包括数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块及模拟量输出模块;

[0019] 来自手动操作面板的电信号分别传输至数字量输入模块和模拟量输入模块,分别得到数字信号和模拟信号;

[0020] 数字量输出模块将数字信号传输至二位三通电磁阀用于控制气路的开闭;

[0021] 模拟量输出模块将模拟信号传输至电空比例阀用于控制正负气压大小。

[0022] 优选地,还包括用于显示图像采集装置采集的实时图像的视频显示模块,视频显示模块与PC机相连。

[0023] 优选地,PC机中还设有图像处理模块,图像处理模块将图像采集装置采集的实时图像分析处理后,确定目标点位置信息后进行补偿处理,再通过网络将产生的补偿信号传输至数据交换机,由数据交换机将目标点在图像中的位置信息传输给PLC控制器中的模拟量输入模块,输入用于描述目标点位置的信号,完成对柔性手术臂的自主导航调节。

[0024] 优选地,PC机能够与下层控制单元交互将补偿信号直接输入PLC控制器的、模拟量输入模块,用于完成手动操作的补偿调节。

[0025] 优选地,所述图像采集装置为内窥镜或摄像头。

[0026] 优选地,还包括与气源相连的减压阀,用于控制气源输入压力的大小并显示输入气压。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0028] 本发明公开的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,包括柔性手术臂、图像采集装置、气动手术臂控制箱、数据交换机、气源、手动操作面板及PC机;其中,图像采集装置、PC机及数据交换机构成上层控制单元,气源、手动操作面板及气动手术臂控制箱构成下层控制单元;下层控制单元能够独立控制手术臂工作或接受上层控制单元的反馈信息后控制柔性手术臂工作。本发明采用手动与自动控制结合的操作模式,手动操作面板可以独立控制手术臂运动,数据交换机可以在小范围内自动导航提高柔性手术臂的控制精度。

[0029] 进一步地,气动手术臂控制箱包括PLC控制器、电空比例阀、真空发生器及二位三通电磁阀,以PLC控制器为核心的下层控制单元,可与手动操作面板结合,独立控制柔性手术臂的运动方向、各节驱动器的刚度调节,也可与视觉处理交换机结合完成视觉的反馈调

节。

[0030] 进一步地,图像采集装置采集的图形信号通过以太网与PC机完成通讯,通过PC机的图像处理模块后利用以太网传递于数据交换机,更进一步优选地,图像处理模块使用labview软件开发内含基本数学单元视觉函数单元,模块内含显示功能与交互功能,使得使用者在精确导航开启时可以选择显示窗口中的目标点位置。

## 附图说明

[0031] 图1为本发明的可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统的结构框图;

[0032] 图2为气动手术臂控制箱的结构框图;

[0033] 图3为PC机补偿处理逻辑框图;

[0034] 图4为单节柔性手术臂的操作主体驱动层结构示意图;

[0035] 图5为单节柔性手术臂的刚度调节结构示意图;

[0036] 图6为3节柔性手术臂对接示意图;

[0037] 图7为视觉反馈误差修正控制流程图;

[0038] 图8为视觉导航控制流程图。

[0039] 其中,1.硅橡胶 2.尼龙纤维 3.PDMS。

## 具体实施方式

[0040] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0041] 参见图1,本发明公开的一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统,包括柔性手术臂、图像采集装置、气动手术臂控制箱、数据交换机、气源、手动操作面板及PC机;其中,图像采集装置、PC机及数据交换机构成上层控制单元,气源、手动操作面板及气动手术臂控制箱构成下层控制单元;

[0042] 气源与气动手术臂控制箱相连,气动手术臂控制箱的气压输出端与柔性手术臂的气腔相连,手动操作面板与气动手术臂控制箱电连接;图像采集装置设置于柔性手术臂末端,图像采集装置的输出端与PC机的输入端相连,PC机与数据交换机交互;数据交换机与气动手术臂控制箱电连接;

[0043] 下层控制单元能够独立控制手术臂工作或接受上层控制单元的反馈信息后控制手术臂工作。

[0044] 当下层控制单元能够独立控制手术臂工作时:手动操作面板的电信号输出端通过网络传输至数据交换机,数据交换机与PC机交互,产生补偿信号,再经过数据交换机传递给气动手术臂控制箱控制柔性手术臂完成动作。

[0045] 当下层控制单元接受上层控制单元反馈信息后工作时:PC机用于接手图像采集装置采集的视觉信号,分析处理后传给数据交换机,再传输给气动手术臂控制箱,由气动手术臂控制箱完成对柔性手术臂的调节控制。

[0046] 气动手术臂控制箱包括PLC控制器、电空比例阀、真空发生器及二位三通电磁阀;

[0047] PLC控制器分别与电空比例阀及真空发生器相连,由PLC控制器接收手动操作面板的输出信号,经过处理分发给气柜中的电空比例阀控制输出气压大小、传输给真空发生器

产生小于标准大气压的气压;PLC控制器中储存柔性手术臂的气量控制算法。

[0048] 电空比例阀与气源的气管相连,能够通过电压信号调节气管中的气压大小;电空比例阀通过二位三通电磁阀与外界相连;真空发生器与气源相连,能够将气流由正压转为负压。

[0049] PLC控制器中包括数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块及模拟量输出模块;

[0050] 来自手动操作面板的电信号分别传输至数字量输入模块和模拟量输入模块,分别得到数字信号和模拟信号;

[0051] 数字量输出模块将数字信号传输至二位三通电磁阀用于控制气路的开闭;

[0052] 模拟量输出模块将模拟信号传输至电空比例阀用于控制正负气压大小。

[0053] 优选地,本发明采用欧姆龙CJ2M-CPU11PLC控制器,搭载4个扩展模块分别为:数字量输入模块CJ1W-1D211,数字量输出模块CJ1W-0C211,模拟量输入模块CJ1W-DA08V以及模拟量输出模块CJ1W-AD081-V1。手动操作面板由摇杆电位器、旋钮电位器、单控开关以及电压为10V的直流电源构成,通过摇杆的摇动映射柔性手术臂的空间运动关系,摇杆输入信号经过模拟量输入模块CJ1W-DA08V输入CJ2M-CPU11PLC控制器进行补偿以及信号修正,然后通过模拟量输出模块CJ1W-AD081-V1传递输入信号范围为0-10V直流信号控制电磁比例阀1TV0010-3ML调节输入气压大小。输入气压的最大值由减压阀和输入信号共同决定(输出气压小于减压阀输出最大气压,等于电磁比例阀输入电信号所产生气压)通过旋钮控制柔性手术臂的刚度变化范围,其运行方式与摇杆电位器运行方式类似,只是减压阀与电空比例阀之间的气路气路上加装真空阀产生负气压,通过单控开关选择性控制柔性手术臂任意节的刚度,单控开关输入10V电压信号,数字量输入模块CJ1W-1D211输入PLC,并由数字量输出模块CJ1W-0C211输出电压信号控制5路二位三通电磁阀通断,从而控制不同节手术臂的刚度变化,当电空比例阀与大气相连则机械臂刚度变小进入驱动状态,当二位三通电磁阀闭合隔绝大气,机械臂刚度增加保持稳定。减压阀和气源相连,用于调节气柜内部的进气量以及稳定压力的作用。

[0054] 参见图2,通过手动操作面板输入的电信号进过PLC模拟量输入模块与数字量输入模块输入PLC控制器中,经过相关处理,由模拟量输出模块将模拟信号输入给电空比例阀控制正负气压大小,数字量输出模块将数字信号输出给二位三通阀控制气路的开闭。气源作为气流的提供单元,气管直接与正气压电空比例阀相连,通过电压信号调节气管中气压的大小,气源通过真空发生器将气流又正转负,然后气路与电空比例阀相连,通过电压信号调节负气压大小,电空比例阀气路都要通过二位三通阀与外界相连,二位三通阀开则气路导通,二位三通阀断开,气路与大气接通。

[0055] 参加图3,PC机作为图像信息的接收端和处理端,通过以太网将内窥镜中的图像信息收集,实时显示在视频显示模块中,并同时特征提取和目标追踪过程,实时检测特征区域的中心点位置;摇杆模拟量信号通过数据交换机模拟量输入单元采集,转化为模拟量通过以太网输出给PC机,PC机通过与特征点位置变化关系,进行补偿处理,将生成的模拟信号通过数据交换机传递给下端气动控制柜模拟量输入单元,完成补偿。

[0056] 具体地,上层控制单元的核心是PC机,PC机直接接受内窥镜中视觉信号,经分析处理,通过以太网传输给数据交换机,再由数据交换机将目标点在图像中的位置信息传输给

下层控制单元PLC控制器中的模拟量输入端,输入两个0-5V直流信号用来描述目标点的位置,完成对柔性手术臂的调节。其中内窥镜置于机械臂顶端,实时传输柔性手术臂末端的视频信号,使用labview编程软件和C语言制作的D11动态链接库文件对图像进行处理,输出实时的目标点位置进行导航,其中目标点信息选取由labview中视觉与运动模块完成,选取目标点位置,传输给D11图像处理链接库,D11中内置基于meanshift算法为核心的改进算法,先对图像进行灰度化以及降噪处理,以便提取图像特征,然后基于均值漂移的目标跟踪算法通过分别计算目标区域和候选区域内像素的特征值概率得到关于目标模型和候选模型的描述,然后利用相似函数度量初始帧目标模型和当前帧的候选模版的相似性,选择使相似函数最大的候选模型并得到关于目标模型的Meanshift向量,这个向量正是目标由初始位置向正确位置移动的向量。由于均值漂移算法的快速收敛性,通过不断迭代计算Meanshift向量,最终将收敛到目标的真实位置,达到跟踪的目的。

[0057] 本发明实现的技术方案还包括减压阀,用于控制气源输入的压力大小保护气动控制原件,并且显示输入气压;PLC储存器中的运算算法可以根据遥杆输入模拟信号的大小进行调节,实时调节机械臂中的冲入气压大小已达到控制机械臂以及提高精度的目的,其基本运算流程如下:

$$[0058] \quad p_{i+1} - p_i = P_i \quad (1)$$

$$[0059] \quad \frac{P_i}{|P_i|} - \frac{e_i}{|e_i|} = d_i \quad (2)$$

$$[0060] \quad E_{i+1} = e_{i+1} + d_i |e_{i+1}| \quad (3)$$

[0061]  $p_i$ 为读取第*i*张图像中目标点位置信息, $P_i$ 为连续两张图片中目标点的位置差值向量, $e_i$ 为遥杆输入信号信息, $E_i$ 为修正后信号。通过对算法详细参数进行调节可以适应不同尺寸的柔性机械臂。

[0062] 本发明实现的技术方案还包括视觉显示模块,可以实时观察图像信息,并在显示模块中集成有紧急停止操作,随时中断手术臂操作过程,提高安全性。

[0063] 参见图6,本发明以3节串联在一起的柔性机械臂为例进行驱动控制如图3所示,驱动器有4个气腔,四个气腔均使用直径4mm的气管与气柜4路正压,用于输入气流,参见图4和图5,单节柔性手术臂的操作主体驱动层结构,由1.硅橡胶层、2.尼龙纤维层及3.PDMS层构成jamming层,jamming层用于调节刚度,连接好电源以及气动通路后进行控制,控制步骤如下:

[0064] 步骤1:闭合启动按钮,运行气动手术臂控制箱,打开PC机中图像处理模块,显示柔性手术臂末端的图像信息。

[0065] 步骤2:闭合驱动按钮,使用遥杆对3节柔性手术臂进行摇动控制,同时配合闭合3节柔性手术臂的刚度调节按钮,并且调节刚度变化旋钮,从而使柔性手术臂保持需要的姿势,使图像处理模块中显示有目标信息。

[0066] 步骤3:在图像处理模块中手动选取目标,继续手动控制,尽量使柔性手术臂接近目标位置,然后将后两节柔性手术臂刚度调节到最大,启动自动导航功能,柔性手术臂所显示目标点到达显示区域中心时驱动停止,并且自动打开刚度调节系统固定柔性手术臂位置,导航完成。

[0067] 其中,视觉反馈的补偿控制方案参见图7,包括:

- [0068] (1) 准备视频采集系统。
- [0069] (2) 采集第一张图片,并由医生从图片中选择目标区域,并将目标点特征读取储存在内存。
- [0070] (3) 采集第 $i$ 张图片,获取第 $i$ 张图片中符合目标区域特征的区域并且获取其位置信息。
- [0071] (4) 采集第 $i+1$ 张图片,获取第 $i+1$ 张图片中符合目标区域特征的区域并且获取其位置信息。
- [0072] (5) 对比两次获取的目标区域位置信息差异所产生的位移信息并且与摇杆输出的位移信号对比并产生补偿信号。
- [0073] (6) 将产生的补偿信号与摇杆输出信号相加控制柔性手术臂的运动。
- [0074] (7) 循环3-6步骤直到柔性手术臂到达指定位置后退出程序。
- [0075] 其中,视觉反馈的导航方案参见图8,包括:
- [0076] (1) 准备视频采集系统。
- [0077] (2) 采集第一张图片,并由医生从图片中选择目标区域,并将目标点特征读取储存在内存。
- [0078] (3) 采集第 $i$ 张图片,获取第 $i$ 张图片中符合目标区域特征的区域并且获取其位置信息。
- [0079] (4) 将产生的位置信息反馈给下层控制单元控制柔性手术臂运动。
- [0080] (6) 采集下一张图片读取目标点位置信息。
- [0081] (6) 判断目标区域是否在图片中心,如果“是”则退出程序,如果“否”则重复3-6步骤。
- [0082] 步骤4:当柔性手术臂偏离安全位置时可以通过手动控制面板停止,也可以通过图像处理模块停止柔性手术臂运动。
- [0083] 步骤5:当手术完成,关闭系统,柔性手术臂刚度调节系统关闭,驱动系统关闭,柔性手术臂变为全柔性,安全撤出工作环境。

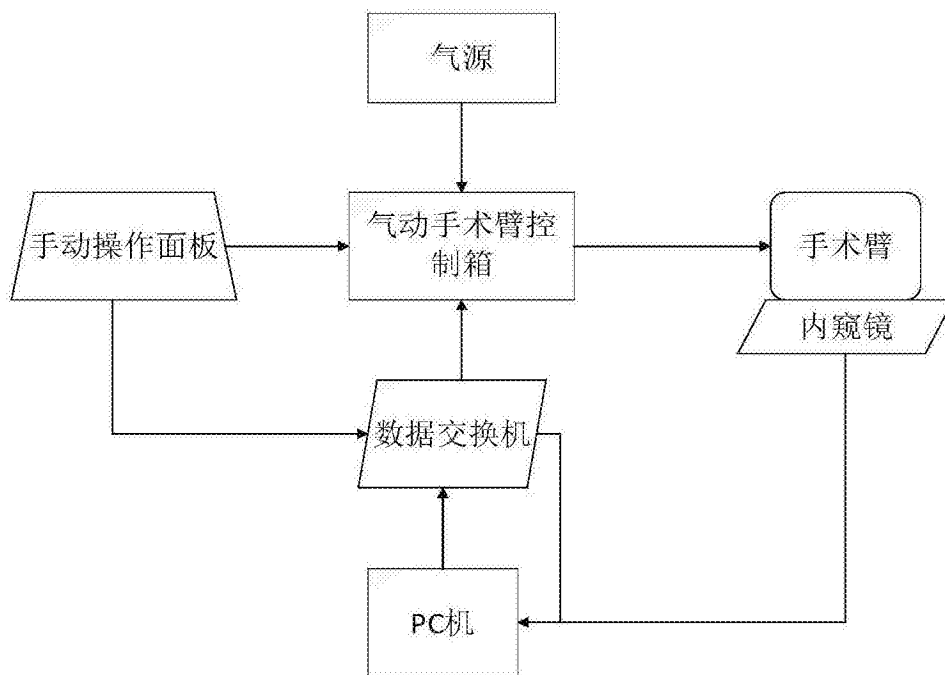


图1

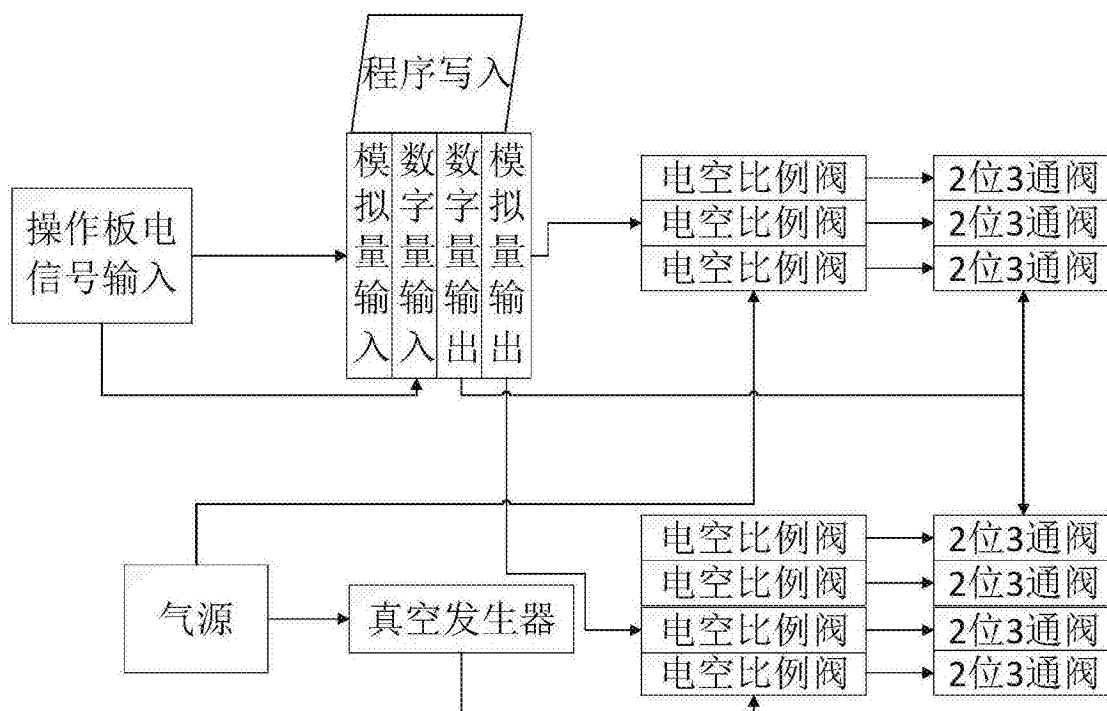


图2

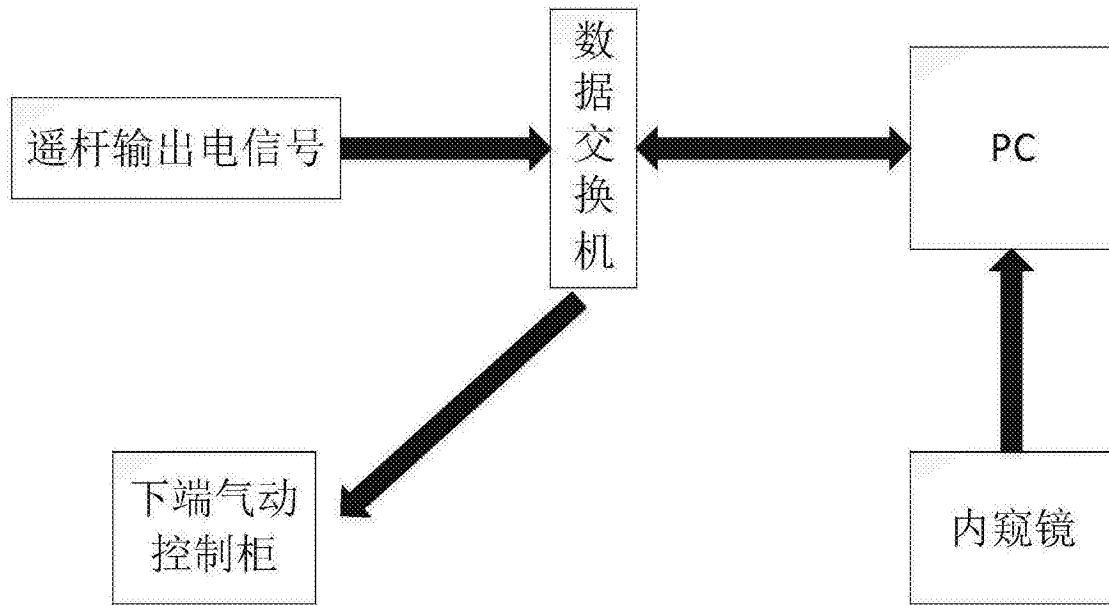


图3

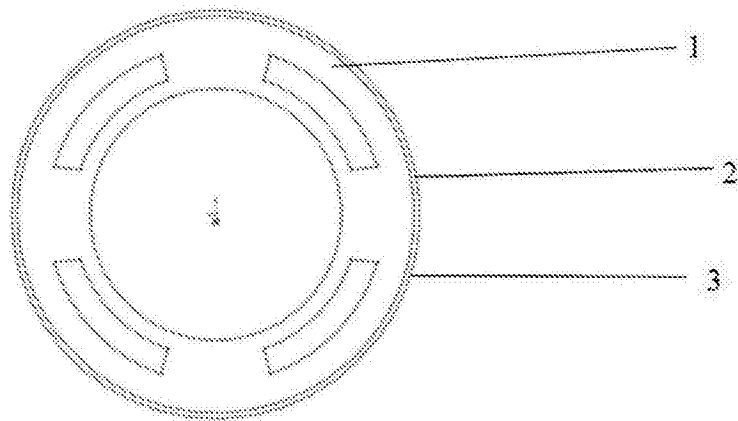


图4

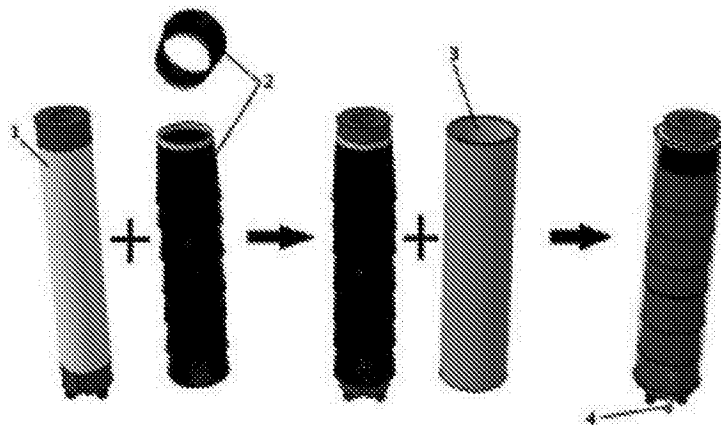


图5

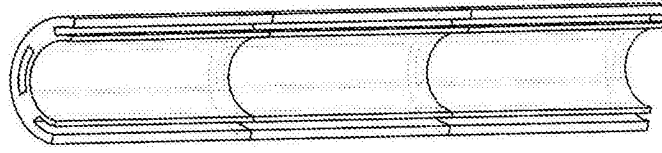


图6

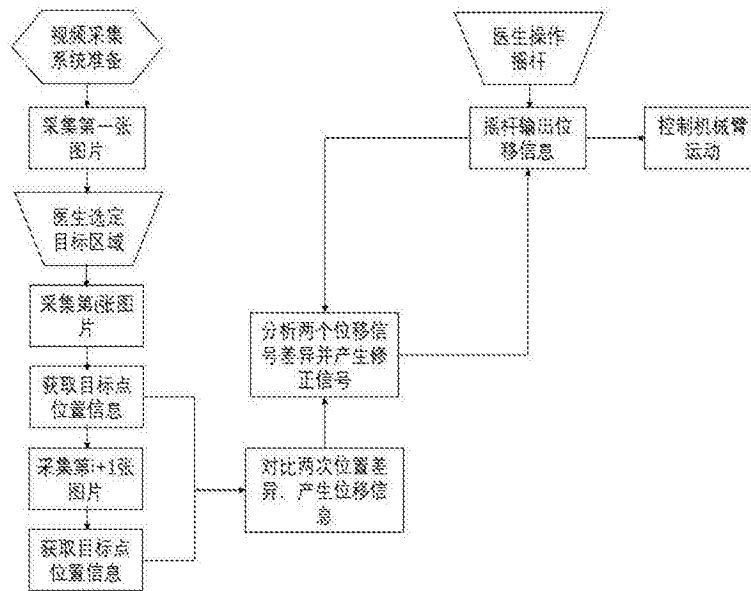


图7

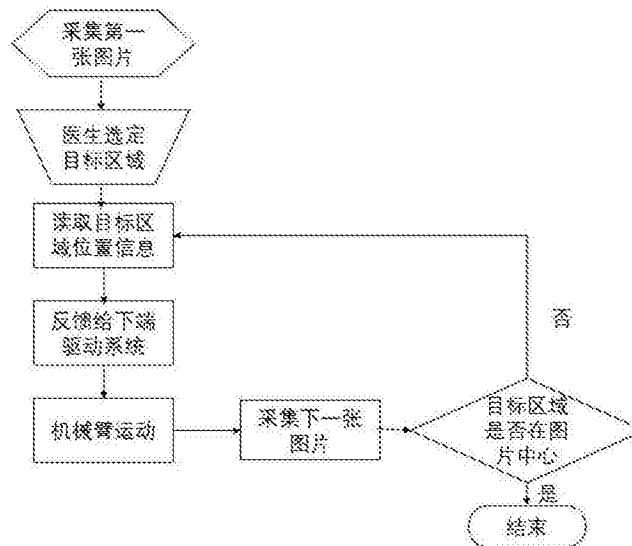


图8

|                |                                                      |         |            |
|----------------|------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统                                  |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN107322589A</a>                         | 公开(公告)日 | 2017-11-07 |
| 申请号            | CN2017110576573.2                                    | 申请日     | 2017-07-14 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 西安交通大学                                               |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 西安交通大学                                               |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 西安交通大学                                               |         |            |
| [标]发明人         | 王永泉<br>温坤<br>陈花玲<br>徐晓亮<br>魏东<br>李宗奇                 |         |            |
| 发明人            | 王永泉<br>温坤<br>陈花玲<br>徐晓亮<br>魏东<br>李宗奇                 |         |            |
| IPC分类号         | B25J9/14 B25J9/16 B25J13/06 A61B34/30                |         |            |
| CPC分类号         | A61B34/30 A61B2034/303 B25J9/14 B25J9/1697 B25J13/06 |         |            |
| 代理人(译)         | 王霞                                                   |         |            |
| 其他公开文献         | CN107322589B                                         |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>       |         |            |

#### 摘要(译)

本发明公开了一种可变刚度的柔性手术臂的气动控制系统，属于柔性机器人控制领域。包括柔性手术臂、图像采集装置、气动手术臂控制箱、数据交换机、气源、手动操作面板及PC机；其中，图像采集装置、PC机及数据交换机构成上层控制单元，气源、手动操作面板及气动手术臂控制箱构成下层控制单元；下层控制单元能够独立控制手术臂工作或接受上层控制单元的反馈信息后控制柔性手术臂工作。该控制系统结构设计合理，能够提高柔性手术臂的控制精度，减少由于柔性手术臂自身不对称导致的扭曲与偏转。

